



UNIVERSITÀ DI PISA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA  
LAUREA SPECIALISTICA IN INGEGNERIA GESTIONALE

*Applicazione della metodologia S.M.E.D.  
in Donati costruzioni metalliche*

RELATORE

CANDIDATO

---

Prof. Ing. *Marcello Braglia*  
Dipartimento di *Ingegneria Meccanica,*  
*Nucleare e della Produzione*

---

*Alessandro Lupi*

Anno Accademico 2007-2008

*Alla mia famiglia*

# ***Applicazione della metodologia SMED in Donati costruzioni metalliche***

## ***Sommario***

Questa tesi è stata svolta presso l'azienda metalmeccanica Donati S.r.l. di Vicopisano (Pi). Lo scopo di questo lavoro è l'introduzione dei principi della metodologia SMED (Single Minute Exchange Of Die) per la riduzione dei tempi di set up all'interno dei reparti tramite alcuni studi pilota per creare le condizioni per un'applicazione più ampia in futuro. Il lavoro si è focalizzato su due applicazioni su diverse postazioni di lavoro nel reparto saldatura e una sulla macchina per il taglio laser. In tutti i casi si è proceduto misurando i tempi richiesti dalle varie fasi del set up, individuando le cause di maggiore inefficienza e studiando soluzioni migliorative nella riorganizzazione delle operazioni e nella progettazione di nuove attrezzature. Di fondamentale importanza è stata la partecipazione e il coinvolgimento degli operatori in tutte le fasi. Infine si sono analizzati costi e benefici delle soluzioni proposte.

## ***Application of SMED methodology in Donati costruzioni metalliche***

## ***Abstract***

This work has been developed in the metalworking company Donati S.r.l. of Vicopisano (Pi). Its aim is to introduce the basics of SMED (Single Minute Exchange Of Die) methodology in order to reduce the set up time in the departments through some pilot study in order to create the condition of a broader future implementation. The work is focused on applications in two different workspaces of the welding area and one in laser cut area. In both cases we proceeded measuring the times needed by each set up phases, detecting the causes of the productivity losses studying solutions to improve the reorganization of the operations and for design of new equipments. Participation and involvement of the workers have been of primary importance in each step. In the end we have been estimated costs and benefits of the suggested solutions.

---

## Indice

Introduzione .....	6
1    Presentazione dell'azienda .....	7
1.1    I reparti .....	7
1.1.1    Taglio laser .....	9
1.1.2    Progettazione e costruzione stampi e attrezzature .....	10
1.1.3    Reparto saldatura e assemblaggio .....	10
1.2    Mercato .....	11
2    La metodologia S.M.E.D. ....	12
2.1    Gli 8 pilastri dello S.M.E.D. ....	12
2.2    Principi di Lean Production .....	17
2.3    Tipi di perdite negli impianti .....	18
2.4    Un indicatore globale di efficienza: l'OEE .....	20
2.5    Approccio tradizionale e approccio S.M.E.D. ....	23
2.6    Fasi concettuali per l'applicazione .....	25
2.6.1    Fase preliminare: organizzare, osservare, registrare .....	25
2.6.2    Fase 1: operazioni interne ed esterne .....	27
2.6.3    Fase 2: Conversione da attrezzamento interno ad attrezzamento esterno .....	29
2.6.4    Fase 3: semplificazione delle operazioni di set up .....	31
2.6.5    Fase 4: documentazione del nuovo processo .....	39
2.7    Aspetti critici .....	39
3    Applicazione in Donati .....	41
3.1    Taglio laser .....	41
3.1.1    Il processo attuale .....	43
3.1.2    Fase preliminare: organizzare, osservare, registrare .....	46
3.1.3    Fase 1: Operazioni interne ed esterne .....	50
3.1.4    Fase 2: Conversione da attrezzamento interno ad attrezzamento esterno .....	51
3.1.5    Fase 3: Semplificazione delle operazioni di set up .....	54
3.1.6    Fase 4: Documentazione del nuovo processo .....	58
3.1.7    Costi .....	59
3.1.8    Risultati .....	60
3.2    Stazione saldatura automatizzata (technogym) .....	62
3.2.1    Fase preliminare: Organizzare, osservare, registrare .....	64

---

3.2.2	Fase 1: Operazioni interne ed esterne .....	66
3.2.3	Fase 2: Conversione da attrezzamento interno ad attrezzamento esterno.....	67
3.2.4	Fase 3: Semplificazione delle operazioni di set up .....	77
3.2.5	Fase 4: Documentazione del nuovo processo .....	78
3.2.6	Costi .....	80
3.2.7	Risultati .....	80
3.3	Saldatura cavalletti .....	82
3.3.1	Fase preliminare: Organizzare, osservare, registrare .....	85
3.3.2	Fase 1: Operazioni interne ed esterne .....	88
3.3.3	Fase 2: Conversione da attrezzamento interno ad attrezzamento esterno.....	89
3.3.4	Fase 3,4: Semplificazione del set up e documentazione del processo .....	90
3.3.5	Costi .....	94
3.3.6	Risultati .....	94
3.3.7	Ulteriori sviluppi .....	96
4	Conclusioni .....	97
	Allegati .....	99
	Bibliografia .....	111
	Ringraziamenti .....	112

## ***Introduzione***

Questa tesi è frutto di un tirocinio svolto presso Donati S.r.l., azienda di costruzioni metalmeccaniche specializzata nello studio e realizzazione di componenti per veicoli a due e tre ruote. Lo stabilimento, situato a Vicopisano (Pi), può contare su un reparto presse, un reparto saldatura e assemblaggio e un reparto dedicato al taglio laser.

Lo svolgimento del tirocinio è stato reso possibile grazie all'integrazione tra Università di Pisa e azienda all'interno di un più ampio progetto promosso dalla Regione toscana per lo sviluppo e il miglioramento aziendale.

Scopo di questo lavoro è quello di introdurre i concetti fondamentali della metodologia S.M.E.D. (Single minute Exchange of Die) all'interno dell'azienda. Il metodo, attraverso l'applicazione e la iterazione di alcune fasi, mira all'abbattimento dei tempi di set up delle macchine fino ad arrivare a valori inferiori a 10 minuti. In questa relazione si presentano i passi relativi alla prima attuazione del metodo attraverso lo studio di alcuni casi pilota che si sono concentrate nei reparti saldatura e taglio laser. Grande importanza riveste in questa fase il coinvolgimento del personale addetto alle lavorazioni citate che dovrà essere partecipe e protagonista in prima persona dello studio dei cambiamenti e della loro applicazione.

Oltre ad una prima descrizione dell'ambito di studio e della realtà aziendale proposta nel primo capitolo, ci si soffermerà, all'interno del secondo capitolo, sull'esposizione dei principi su cui si fonda il metodo utilizzato e dei passi da compiere per una corretta applicazione. Nel terzo capitolo si analizzeranno nel dettaglio alcune macchine critiche: dapprima la stazione di taglio laser 3D, quindi si focalizzerà l'attenzione sulla stazione di saldatura robotizzata dedicata alla produzione di macchine e accessori da palestra, infine si analizzeranno i modi e i tempi per il cambio attrezzatura di alcune stazioni robotizzate del reparto saldatura.

Ogni paragrafo relativo ad un ambito d'azione si conclude con la presentazione di alcune proposte migliorative seguite da un'analisi dei costi e dei benefici che possono portare. Nel capitolo conclusivo sono riassunti i risultati del lavoro svolto, confrontati con gli obiettivi prefissati all'inizio del tirocinio considerando inoltre gli sviluppi futuri che l'azienda ha intenzione di intraprendere in seguito a quanto emerso dal lavoro svolto.

## ***1 Presentazione dell'azienda***

La Donati S.r.l. - Costruzioni metalliche nasce nel 1969 come azienda di lavorazione del tubo leggero nel campo dell'arredamento e dell'accessorio da bagno. Nel 1971 alla produzione consolidata si aggiungono prodotti che richiedono maggiori specializzazioni soprattutto nella lavorazione della lamiera. A partire da tale periodo l'azienda si sviluppa anche su nuovi mercati in particolare si rivolge in maniera sempre più preponderante al settore automobilistico.

Negli ultimi anni si specializza nel settore della componentistica per il mercato dei motoveicoli a 2 e 3 ruote unendo alla fase produttiva anche le fasi di stampaggio e assemblaggio di sottoinsiemi sempre più articolati. Le normative e gli standard adottati nel settore automotive hanno richiesto all'azienda da una parte un notevole impegno nell'acquisizione del know how necessario per la produzione e dall'altra hanno reso inevitabile una tensione costante verso gli aspetti di qualità del prodotto al fine di raggiungere e mantenere posizioni di forza nel mercato di riferimento.

Questa necessità unita al fatto di poter instaurare rapporti privilegiati con i clienti fornendo prodotti conformi alle specifiche richieste hanno spinto l'azienda nel 1997 a dotarsi di un sistema di qualità conforme agli standard previsti dalla norma UNI EN ISO 9002.

Poiché le tre principali aziende automobilistiche americane (Ford, Chrysler e General Motors) e molti tra i maggiori costruttori di veicoli commerciali (Mack Trucks, Navistar International Transportation, PACCAR, Volvo GM Heavy Truck etc) hanno adottato norme specifiche come la QS 9000 anche Donati si è certificata secondo questa norma nel 1998. Infine nel 2004 si è adottata la norma ISO/TS 16949:2002 "Requisiti particolari per l'applicazione della ISO 9001:2000 per la produzione di serie e delle parti di ricambio nell'industria automobilistica", che intende favorire lo sviluppo di un sistema di gestione per la qualità che miri al miglioramento continuo, enfatizzando la prevenzione dei difetti e la riduzione degli scarti nella catena di fornitura.

### ***1.1 I reparti***

Negli ultimi anni lo stabilimento di Vicopisano (PI) si è evoluto e ampliato dopo il trasferimento di alcuni reparti che si trovavano nello stabilimento di Bientina in un capannone adiacente alla struttura principale. Attualmente il corpo principale si compone di due capannoni adiacenti che compongono la sede principale con gli uffici, i reparti saldatura, l'attrezzatura, il magazzino e da una struttura separata che ospita il reparto stampaggio.

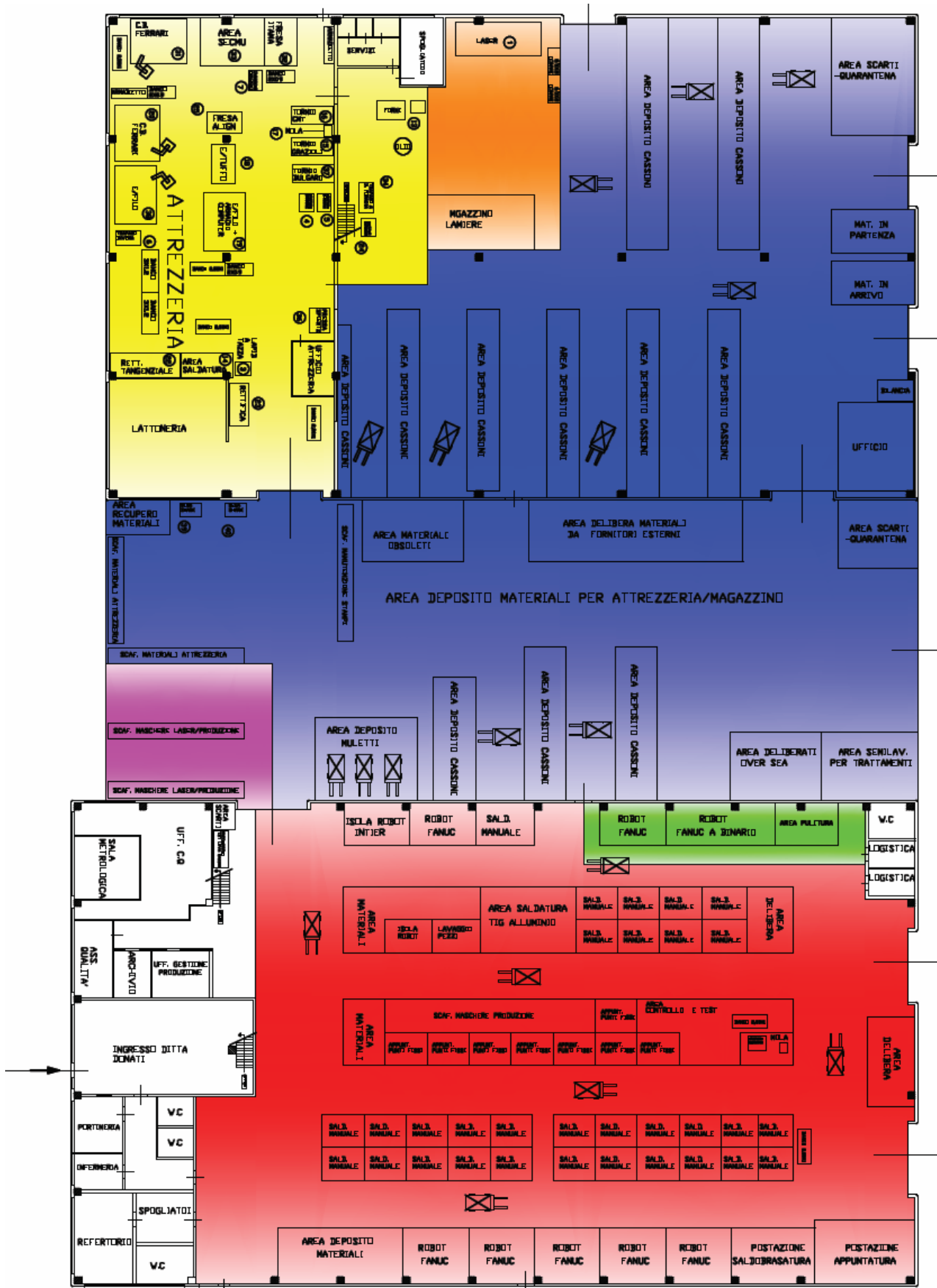


Figura 1-1: divisione planimetrica dei reparti all'interno dello stabilimento



La struttura aziendale è concepita in modo da essere in grado di supportare le aziende clienti a partire dalla definizione e strutturazione del prototipo del prodotto, dalla realizzazione dello stesso e dalla realizzazione delle pre-serie prima della fase di industrializzazione. La produzione dei prototipi avviene sia in maniera artigianale sia con l'ausilio di tecnologie moderne come i centri di lavoro a CN garantendo così un processo rapido di prototipazione soprattutto per la realizzazione di malloppi di battitura, stampi d'imbottitura prototipali in resina, alluminio o acciaio.



**Figura 1-2: dima per la verifica dei prototipi**

### ***1.1.1 Taglio laser***

Il taglio laser viene oggi adottato in differenti settori industriali ed artigianali per la lavorazione di una molteplicità di materiali base o loro sucedanei, tra i quali: metallo, plastica, legno, tessuto, carta. I vantaggi di questa tecnologia sono: l'elevata produttività, l'accuratezza di realizzazione, l'assenza di contatto tra utensile e pezzo, l'elevata velocità e ripetibilità di processo, la flessibilità, la riduzione degli scarti di produzione e per ultimo ma non meno importante il contenimento dei costi di esercizio. Il reparto taglio laser è dotato di una macchina a 5 assi e di due banchi di lavoro: uno per il taglio di lamiere in piano e uno per il taglio di geometrie complesse tridimensionali. L'utilizzo del taglio laser consente sia la realizzazione di prototipi e di piccole produzioni, sia la lavorazioni di grandi serie di componenti metallici o plastici.



**Figura 1-3: taglio laser su piano**

### ***1.1.2 Progettazione e costruzione stampi e attrezzature***

Rappresenta uno dei reparti in cui tradizionalmente la Donati. ha sviluppato la propria esperienza e qualità. La progettazione degli stampi avviene sia in 2D che in 3D attraverso l'utilizzo delle più significative interfacce: Iges, Dfx, Dwg, Parasolid, Works, Step.

Vengono realizzati stampi tranci, piega e progressivi, dime di assemblaggio e controllo sia per utilizzo interno che su richiesta esterna. Tale reparto inoltre consente di realizzare programmi periodici di manutenzione interna, effettuare in tempi rapidi modifiche, interventi immediati in caso di rottura o malfunzionamento, garantendo la continua produttività e il rispetto dei tempi di consegna ai clienti.

Il reparto di progettazione oltre alla progettazione di attrezzature si dedica allo studio e realizzazione di nuovi prodotti come cavalletti, portapacchi e talai motociclistici oltre a fornire supporto e consulenza a parti esterne.

### ***1.1.3 Reparto saldatura e assemblaggio***

Il reparto saldatura è in grado di effettuare saldature ossiacetileniche, Mig e Tig sia in modalità manuale sia automatica potendo contare su un numero elevato di stazioni automatizzate dotate di robot antropomorfi a 6 assi. Le stazioni di assemblaggio sono principalmente di tipo manuale ma sono presenti anche alcune stazioni automatiche asservite da un operatore. Considerando la diversità e molteplicità delle lavorazioni effettuate risulta evidente la vastità di codici gestiti. Questo

si ripercuote in un'attività ininterrotta da parte del magazzino per poter garantire che i componenti siano sempre disponibili a bordo macchina al momento giusto e nella giusta quantità e da una complessità di gestione degli approvvigionamenti. Il reparto occupa una parte rilevante della superficie coperta dello stabilimento che complessivamente è di 9000 m<sup>2</sup>.



**Figura 1-4: stazione di saldatura manuale**

## ***1.2 Mercato***

Come si è accennato precedentemente l'azienda negli anni si è rivolta in maniera sempre più decisa al mercato automotive con particolare attenzione al settore dei veicoli a 2 ruote. La vicinanza con lo stabilimento di produzione della Piaggio di Pontedera ha fatto sì che l'azienda sia entrata a far parte dell'indotto tanto che oggi si producono svariati elementi per Piaggio come cavalletti, telai, supporti e altri elementi assemblati che contribuiscono in maniera preponderante al fatturato dell'azienda. Per i particolari tipi di lavorazione effettuati non è sempre detto che ci sia corrispondenza tra la divisione dei clienti per fatturato e per quantitativo di produzione. Infatti lo stampaggio e l'assemblaggio sono processi dal limitato valore aggiunto rispetto al taglio laser e alla saldatura soprattutto se di tipo pregiato.

## ***2 La metodologia S.M.E.D.***

L'acronimo S.M.E.D. significa Single Minute Exchange of Die cioè cambio di attrezzatura eseguibile in un minuto. In realtà originariamente ci si riferiva a un tempo esprimibile con una sola cifra (single digit) quindi inferiore a 10 minuti. Oggi la tecnica si è sviluppata in modo tale da avere ridotto alcuni tempi di attrezzamento a valori inferiori al minuto: in questo caso si parla più propriamente di attrezzamento istantaneo o One Touch Exchange of Dies (O.T.E.D.).

È bene chiarire fin da principio che questi risultati possono essere raggiunti solamente con una corretta applicazione dei passi enunciati dalla metodologia e in modo progressivo poiché non è possibile ottenere riduzioni drastiche dei tempi di set up istantaneamente. Inoltre per un'efficiente applicazione del metodo è necessario abbracciare più in generale la filosofia del Lean Thinking di cui il metodo S.M.E.D. fa parte integrante e che riguarda non solo l'analisi e il miglioramento dei tempi di set up ma più in generale analizza e propone un nuovo metodo di concepire la produzione basata sulla minimizzazione delle scorte e del WIP; sulla riduzione dei difetti, delle rilavorazioni e dei guasti. Il tutto in un'ottica di risposta il più possibile pronta alle esigenze e richieste del cliente il quale richiede sempre più prodotti personalizzati, di qualità elevata e al giusto prezzo senza essere disposto però ad aspettare tempi lunghi.

In un contesto di mercato concorrenziale si capisce l'importanza di acquisire posizioni di forza rispetto ai concorrenti grazie alla soddisfazione del cliente, il tutto accompagnato da una riduzione dei costi di produzione.

### ***2.1 Gli 8 pilastri dello S.M.E.D.***

Sorprende scoprire che lo stesso inventore della metodologia S.M.E.D., Shigeo Shingo<sup>1</sup>, abbia detto che “il migliore metodo per cambiare è non cambiare nulla”. Infatti l'approccio proposto non si basa su ingenti investimenti in mezzi e tecnologia bensì sulla semplificazione delle operazioni con accorgimenti semplici ma di grande effetto. Shingo ebbe modo di formulare le sue teorie a partire dagli anni '50 in Giappone osservando la produzione prima negli stabilimenti Toyo relativamente a problemi di cambio dello stampo in una pressa da 800 tonnellate; successivamente nei cantieri

---

<sup>1</sup> Shigeo Shingo (1909,1990) Ingegnere e consulente giapponese, conosciuto soprattutto in Occidente grazie al suo incontro con Norman Bodek, un imprenditore americano fondatore della Productivity Inc. Si è distinto a livello mondiale come uno dei maggiori esperti sulle pratiche di fabbricazione e sullo studio del sistema produttivo Toyota.

navali Mitsubishi si adoperò nello studio sulla capacità produttiva di una piallatrice che risultava essere il collo di bottiglia dell'intero processo a causa dei lunghi tempi di set up. Infine nel 1970 affrontò il caso della sostituzione degli stampi di una formatrice nello stabilimento Toyota che si effettuava in 4 ore, dopo un anno il tempo necessario si ridusse a 90 minuti e successivamente a 3 minuti. Proprio durante quest'ultima esperienza Shingo, davanti al direttore generale dello stabilimento, tracciò con il gesso su una lavagna gli 8 punti da considerare per l'abbattimento dei tempi di set up. Fu la prima formalizzazione del metodo S.M.E.D.

- Separazione dell'IED e OED

Le operazioni compiute per il cambio di attrezzatura si possono dividere in operazioni interne (Ied – inside exchange of die) e operazioni esterne (Oed - outside exchange of die). Le prime devono essere effettuate necessariamente a macchina ferma mentre le seconde possono essere effettuate in ombra cioè mentre la macchina sta lavorando prima o dopo del cambio vero e proprio. Le operazioni esterne consistono nel preparare il cambio di attrezzatura, le dime, gli attrezzi per fissare e tutto il materiale necessario e posizionarli accuratamente vicino alla macchina controllando che sia tutto in ordine, pulito e in buono stato di manutenzione. Va ricordato che l'ordine e la pulizia degli utensili e dei macchinari contribuisce in modo fondamentale alla prevenzione dei guasti e alla loro immediata identificazione.

Le operazioni interne devono consistere solamente nella rimozione dell'attrezzatura precedente e nel montaggio di quella nuova.

Da ciò si evince che bisogna massimizzare le operazioni esterne e se le operazioni interne sono inevitabili effettuarle al momento giusto. Già questo primo accorgimento consentirebbe una riduzione del 30-50% del tempo di sostituzione rispetto a quello richiesto con le tecniche tradizionali dove non c'è distinzione tra fasi interne e esterne e in alcuni casi limite l'intero tempo di set up è costituito da operazioni interne.

- Inversione dell'Ied con l'Oed

Shingo definisce questa come l'idea più efficace di tutto il sistema S.M.E.D.. Esempi pratici di queste attività sono ad esempio l'adozione di opportuni spessori per evitare l'aggiustamento dell'altezza di uno stampo nella pressa oppure il riscaldamento dello stampo utilizzato per la pressofusione in modo da eliminare il tempo utilizzato nella macchina per effettuare una iniezione di prova.

- Standardizzazione funzionale

Se tutte le attrezzature avessero la stessa altezza, lo stesso spessore, gli stessi attacchi le stesse interfacce si potrebbe risparmiare un notevole quantitativo di tempo. D'altro canto la standardizzazione implica notevoli costi e uno studio a monte ben preciso, in questo caso è molto meglio focalizzare l'attenzione solamente su alcuni aspetti funzionali alla sostituzione e standardizzare solamente quelli.

- Adozione dei morsetti funzionali

Il metodo di serraggio più usato in ambito industriale è sicuramente il bullone a cui si riconoscono indubbiamente alcuni pregi come la reperibilità e la standardizzazione ma ha anche alcuni difetti spesso poco conosciuti e che possono rallentare lo svolgimento delle operazioni interne.

- Il bullone effettua il corretto bloccaggio solamente quando l'ultimo filetto è in presa, per ottenere ciò è necessario effettuare circa 15 rotazioni. Se il bullone è più lungo del necessario inoltre si ha una perdita di tempo e energia dovuto all'avvitamento.
- Il bullone perde la capacità di serraggio appena si verifica un allentamento.
- Bulloni e dadi vengono spesso persi dall'operatore durante il montaggio all'interno della macchina o in grate del pavimento, ciò provoca uno spreco di tempo dovuto alla ricerca del componente oppure alla sua sostituzione.
- Spesso i bulloni non sono standardizzati all'interno dello stesso set up.

Inoltre quasi sempre non si considera un importante fattore cioè la direzione e il valore della forza da contrastare con il metodo di bloccaggio: i filetti resistono a forze disposte secondo l'asse X Y e Z ma spesso non si conoscono né le direzioni né i moduli delle forze applicate. Si possono trovare soluzioni alternative che agiscano nella direzione dello sforzo e consentano allo stesso tempo un serraggio efficace e più veloce come cunei, camme, montaggi su cave a T. Tutti questi dispositivi possono essere mobili o fissati direttamente sulla macchina e si possono raggruppare in tre grandi categorie: One Turn, One Motion e Interlocking Methods.

I primi si basano sull'adozione di bulloni o altri dispositivi come rondelle appositamente modificate per consentire il serraggio con un solo giro; i secondi richiedono una sola azione per il bloccaggio come camme e morsetti mentre nel terzo gruppo sono compresi tutti quegli accorgimenti che permettono di sostituire i sistemi di bloccaggio con idonei sistemi di riferimento che garantiscano allo stesso tempo il corretto posizionamento reciproco dei due elementi.

- Utilizzo di dime di montaggio

La dima è una forma o uno stampo che viene realizzato per poter riprodurre una spaziatura, il profilo di un oggetto, o l'oggetto stesso. L'utilizzo di dime nel montaggio semplifica molto le operazioni nel posizionamento e nell'unione dei pezzi.

- Operazioni in parallelo

Spesso gli operai nella sostituzione di attrezzature devono compiere numerosi spostamenti intorno alla macchina che allungano il tempo complessivo di sostituzione. Se la sostituzione fosse affrontata avendo a disposizione due operai si impiegherebbe presumibilmente meno della metà del tempo in quanto le ore-uomo coinciderebbero con quelle precedenti ma il rapporto di utilizzazione sarebbe aumentato. Nella maggior parte dei casi però c'è riluttanza ad adottare questo metodo in quanto non si dispone di operatori di riserva. Bisogna però considerare il fatto che se il tempo di sostituzione è 1 ora saranno necessari 30 minuti di assistenza mentre se il tempo è di 8 minuti allora il tempo di assistenza sarebbe ridotto a solo 4 minuti. È quindi necessario valutare la possibilità di avere un operaio addetto al supporto del cambio attrezzatura poiché si ridurrebbe una vera e propria perdita di tempo.

- Eliminazione degli aggiustamenti

Per capire l'importanza degli aggiustamenti bisogna prima discernere il concetto di appostamento e aggiustamento, funzioni completamente separate, che spesso negli stabilimenti non è compreso con chiarezza. Per rendere il concetto con un esempio l'appostamento è la fase di spostamento di un fine corsa dalla posizione A alla posizione B, può succedere che per vari motivi la nuova posizione non sia quella giusta: è necessario quindi spostare ulteriormente il fine corsa procedendo a tentativi (aggiustamento). Il tempo impiegato in questa operazione è notevolmente influenzato dalla professionalità e esperienza messa in atto da parte degli operatori a fronte di situazioni sempre diverse. È ovvio che questo aspetto è in netto contrasto con la metodologia S.M.E.D. che invece si propone di eliminare soggettività e dipendenza dei tempi dalle persone rendendo le operazioni di set up intrinsecamente sicure (*poka yoke*<sup>2</sup>) e

---

<sup>2</sup> La locuzione coniata originariamente da Shigeo Shingo era *baka-yoke*, letteralmente: «a prova di stupido», ma venne successivamente cambiata nel più gentile *poka-yoke* che esprime il concetto di «evitare (*yokeru*) gli errori di distrazione (*poka*)».



talmente elementari che chiunque dopo aver effettuato un minimo addestramento possa svolgerle.

L'aggiustamento si rende necessario quando la precedente operazione non è stata svolta con sufficiente accuratezza e non ha raggiunto l'obiettivo prefissato il che è dovuto nella maggioranza dei casi dalla complicatezza dell'operazione da svolgere. Per fronteggiare ciò bisogna innanzitutto essere in possesso di un metodo che garantisca il raggiungimento dell'obiettivo e che sia allo stesso tempo il più semplice possibile e di rapida esecuzione. "Il metodo più efficace per eliminare l'aggiustamento è non effettuarlo affatto". Il criterio da applicare è quello del minimo comune multiplo (Lcm- least common multiple) in opposizione al metodo tradizionale: quest'ultimo propone una regolazione continua che dà solo l'illusione di una maggiore possibilità di scelta e accuratezza ma che in realtà trascina con sé più riscontri negativi che benefici.

Un esempio riportato dallo stesso Shingo in [1] riguarda lo spostamento di un fine corsa su una rotaia che veniva eseguito azionando una vite e passando quindi per tutti i valori intermedi compresi tra quello di partenza A e quello di arrivo B. La soluzione proposta tendeva invece ad avere un numero limitato di posizionamenti possibili con una manovra di tipo a gradino anziché continua messa in pratica posizionando diversi fine corsa nelle posizioni di interesse con un interruttore di esclusione dell'alimentazione elettrica in modo tale da eliminare azionare selettivamente il fine corsa nella posizione richiesta senza provvedere a manovre di spostamento. In questo modo non si è modificato il meccanismo ma solo la funzione.

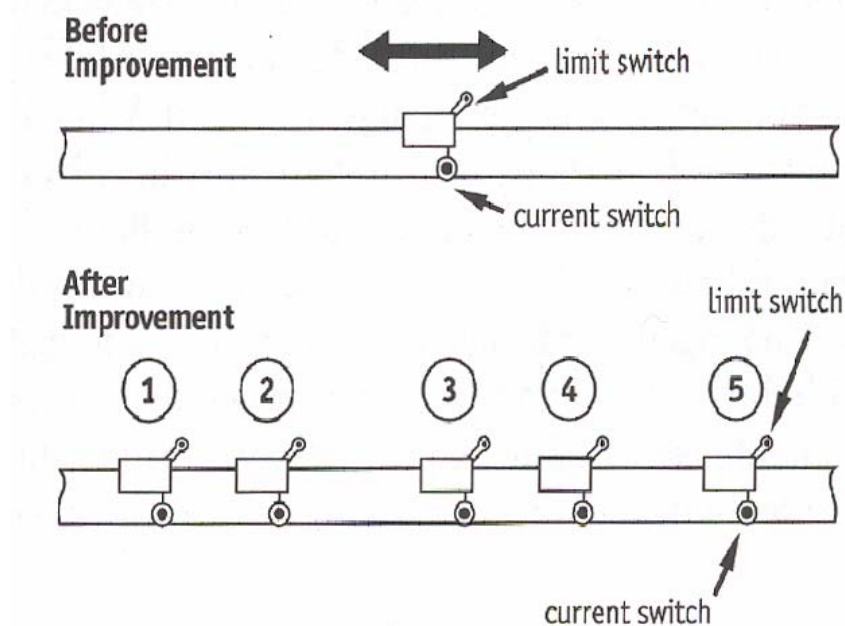


Figura 2-1: eliminazione degli aggiustamenti con il sistema LCM



- Adozione della meccanizzazione

Prima di affrontare questo ultimo passo si è già ridotto il tempo di attrezzaggio da ore a minuti adottando le soluzioni previste dagli interventi fino a qui proposti: con questa fase si potrà ottenere una ulteriore riduzione dei tempi ma con un guadagno percentualmente minore il che nella maggior parte dei casi non risulta essere determinante. Inoltre spesso la meccanizzazione comporta investimenti considerevoli quindi prima di intraprendere una strada onerosa è bene verificare di aver applicato in modo ineccepibile le fasi precedenti e poi valutare attentamente i benefici ottenuti grazie all'integrazione dell'automazione.

## ***2.2 Principi di Lean Production***

La produzione snella (Lean Production) è così chiamata in quanto, rispetto alla produzione di massa, impiega minori risorse umane e minor spazio, richiede minori interventi in attrezzature, minori scorte con difetti di fabbricazione meno grossolani.

La Lean Production, di fatto, si concretizza nell'applicazione di un insieme di metodi per eliminare gli sprechi durante il processo di produzione, ognuno dei quali focalizza l'attenzione su una o più sorgenti tipiche di spreco. Tra i principali metodi si possono ricordare:

- Gestione *pull* della produzione che non è determinata a monte dalla produzione ma è “tirata” a valle dalle richieste del cliente.
- Il *T.P.M.* (Total Productive Maintenance) che riduce i tempi di fermo macchina e i guasti secondo un metodo di manutenzione che partendo dall'analisi delle perdite si sviluppa attraverso l'attuazione di 8 pilastri. Questi sono: leadership, organizzazione, manutenzione autonoma, miglioramento focalizzato, manutenzione progressiva, addestramento, qualità, amministrazione.
- I metodi *Mistake proofing* che hanno lo scopo di eliminare il tempo perso e i relativi costi per procedure non sicure o che causano difetti nel prodotto.
- Il *kanban*, il sistema a cartellino che aiuta ad abbattere il work in progress.
- Le *5S* che focalizza l'attenzione sugli sprechi derivanti dal disordine. Il termine *Metodo 5S* trae spunto dalle iniziali della pronuncia occidentalizzata delle cinque parole giapponesi che sintetizzano i cinque passi che danno il ritmo alla metodologia: Seiri (separare), Seiton (riordinare), Seiso (pulire), Seiketsu (sistematizzare), Shitsuke (standardizzare).
- L' *jidoka* che conferisce autonomia all'operatore di fermare la linea, quando si verificano problemi e di eliminare le sorgenti di difetto.

- Le tecniche *S.M.E.D.* che si interessano di ridurre i tempi di set up e di cambio produzione sulle macchine.

In definitiva, un'azienda che voglia applicare i dettami della Lean Production deve intraprendere una lunga serie di interventi, mirati a scovare le cause di inefficienza e determinare gli interventi più adatti a ridurre le perdite .

### 2.3 Tipi di perdite negli impianti

Per massimizzare il rendimento globale di un impianto industriale è necessario intervenire su tutti i tipi di perdite che ne caratterizzano l'esercizio per mettere le macchine in condizioni di lavorare alle massime potenzialità:

- Perdite per cambio attrezzature e regolazioni
- Perdite di avviamento
- Perdite per guasti
- Perdite per inattività e microfermate
- Perdite di velocità
- Perdite per difetti e rilavorazioni

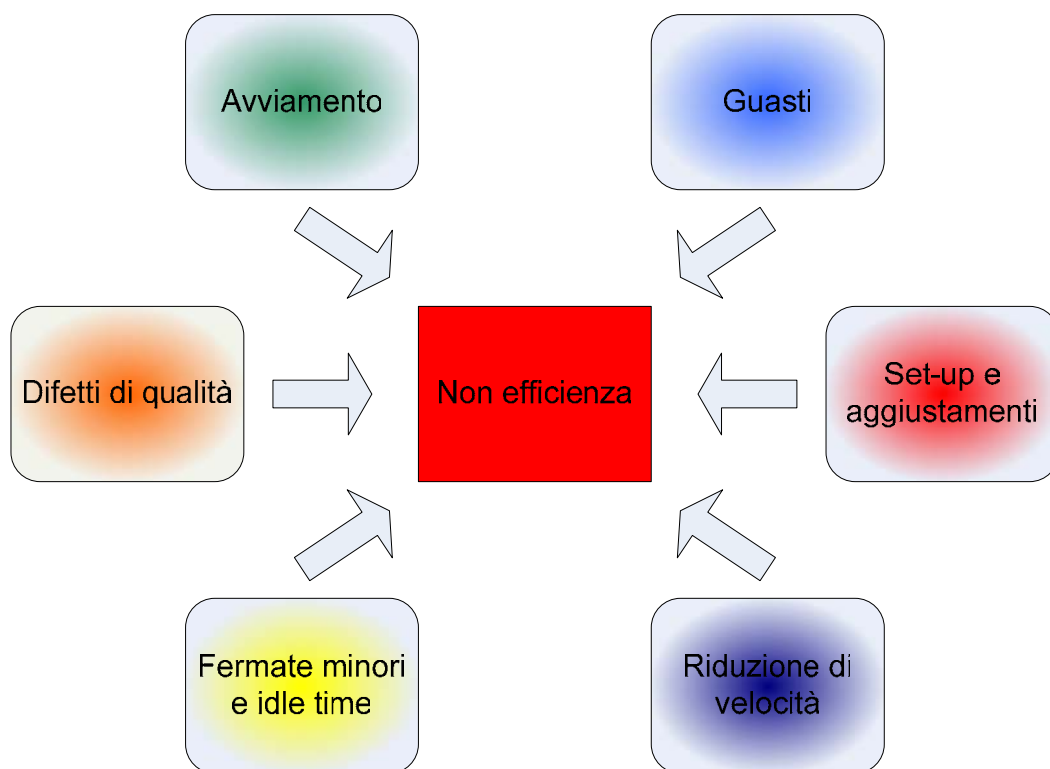


Figura 2-2: 6 big losses

1. Perdite di avviamento: le variazioni ambientali (temperatura, umidità) rendono problematico l'avviamento e determinano prestazioni scarse e non omogenee all'avviamento della macchina.
2. Perdite per guasti: una delle cause principali di riduzione della disponibilità è data dai guasti che si presentano sugli impianti. Le macchine sono costituite da organi meccanici in movimento formati da svariati sottosistemi nei quali ogni singola parte può deteriorarsi o rompersi e, solamente dopo aver riparato il guasto o sostituita la parte, si può riprendere la produzione. Molto spesso le cause di guasto danno segnali d'allarme prima che la macchina si rompa: la loro individuazione può essere compito delle attività di manutenzione autonoma svolte direttamente dagli operatori. D'altro canto nessuno meglio di loro conosce le macchine ed è in grado di percepire segnali deboli (rilevabili con il solo utilizzo dei 5 sensi) che indicano uno stato di deterioramento. La maggior parte delle fermate frequenti non è registrata, pertanto difficilmente vengono trovate soluzioni.
3. Perdite per fermate minori: malfunzionamenti temporanei e di lieve entità non sono considerati guasti, anche se spesso costringono l'operatore a interrompere l'attività produttiva. Considerando che si verificano con elevata frequenza il tempo cumulato può essere considerevole.
4. Perdite di velocità: spesso la velocità per cui una macchina è stata concepita non è nota agli operatori, le operazioni sono svolte sempre alla stessa velocità senza sfruttare al meglio le potenzialità della macchina.
5. Perdite per set-up: durante lo svolgimento delle attività di set-up la macchina su cui si opera è ferma; molto spesso ci sono attività complesse e difficoltose che possono richiedere personale addestrato e tempi di fermo molto elevati.
6. Perdite per difetti e rilavorazioni: i difetti di qualità comportano scarti e/o rilavorazioni, incrementano i costi e determinano sprechi di energia, materiali e tempo. Un'attività a valore aggiunto trasforma fisicamente il prodotto, è fatta correttamente la prima volta e soddisfa i requisiti del cliente. Un'attività senza valore aggiunto assorbe tempo e risorse ma non aggiunge niente al valore del prodotto in sé.

## ***2.4 Un indicatore globale di efficienza: l'OEE***

L'indice più significativo per quantificare lo stato attuale della gestione produttiva di un impianto e l'efficacia delle soluzioni di miglioramento proposte è costituito da un valore numerico denominato "Overall Equipment Effectiveness" (OEE).

Questo indicatore prende in considerazione i tre fattori che influenzano la prestazione globale di un componente, equipaggiamento, impianto:

- **Disponibilità:** intesa come la porzione del tempo totale in cui il sistema è disponibile. Le perdite che incidono sulla disponibilità sono:
  - guasti;
  - set-up e aggiustamenti;
  - altre perdite: cutting tool loss o perdita di tempo per rottura del tagliente dell'utensile, migliorabile applicando buone attività di manutenzione pianificata e di manutenzione autonoma; oppure lo startup loss o perdita legata ad una difettosa produzione dovuta alla non raggiunta produzione a regime, oppure il time not scheduled for production o perdita dovuta a meeting, manutenzione preventiva e break. Quest'ultima perdita non è spesso considerata nel calcolo della disponibilità ed è sottratta dal tempo operativo totale, ma alcune aziende la inseriscono come perdita per incoraggiare la nascita di idee creative per ridurre l'incidenza senza eliminare l'attività.
- **Performance:** sono espresse come rapporto tra la produzione effettiva e quella attesa considerando il tempo produttivo netto a disposizione e la velocità della macchina. Le perdite che incidono sulle performance sono:
  - Perdite di velocità: le macchine spesso funzionano ad una velocità più bassa di quella per cui sono state progettate. Se a volte è fatto per cercare di mantenere stabile lo standard qualitativo dei prodotti che escono dalla macchina altre è proprio l'operatore a non far funzionare la macchina alla massima velocità;
  - Idle time (piccole fermate): sono eventi che interrompono il flusso produttivo senza alcun guasto. Spesso capitano nelle linee automatiche, per esempio quando i componenti di un prodotto ostacolano il nastro trasportatore oppure quando i sensori rilevano la presenza di corpi estranei e fermano la macchina (spesso si tratta di segnali errati, dovuti a sporco, polvere,..), e possono sembrare uguali a piccoli fastidi, ma essi rappresentano una delle maggiori perdite per molti impianti. Tra

questo tipo di fermate vanno considerate le fermate compiute dall'operatore per le pause che non siano definite da contratto.

- Qualità: espressa come percentuale di scarti e rilavorazioni sulla produzione totale. Questa è causata da:
  - scarti e rilavorazioni: i prodotti che non offrono le caratteristiche chieste dal cliente rappresentano evidentemente delle perdite. Un prodotto scartato o rilavorato è una perdita di tempo, energia e materiale;
  - perdite d'avviamento o startup loss: molte macchine impiegano un certo tempo prima di raggiungere le giuste condizioni operative. Variazioni ambientali, come temperatura ed umidità, possono rendere problematico l'avviamento e determinare prestazioni scarse e non omogenee. Se in questo tempo la macchina produce pezzi di qualità è opportuno considerare l'avviamento come riduttivo della disponibilità, in caso contrario come riduttivo della qualità. Anche se molte aziende non distinguono tra pezzi difettosi o che necessitano rilavorazioni, realizzati con le giuste condizioni operative, da quelli non conformi realizzati in avviamento, una tale distinzione risulta opportuna per poter valutare eventuali problemi nella delicata fase dell'avviamento.

Il calcolo di questo indicatore è ottenuto dalla semplice moltiplicazione di questi tre fattori:

$$\text{O.E.E.} = \text{Disponibilità} \times \text{Efficienza} \times \text{Qualità}.$$

Si può subito notare come per avere un elevato valore di O.E.E. sia necessario che tutti e tre gli indici siano alti, a significare che solo un impianto in cui tutte le risorse siano sfruttate in maniera ottimale può raggiungerlo. È necessario precisare come l'O.E.E. sia un indice di efficacia dell'impianto quindi considera esclusivamente tutte le perdite interne ad esso e non quelle esterne; queste non dipendono dalla singola macchina o da interazioni reciproche ma si concretizzano in mancanza di ordini, scioperi ed assenteismo, assenza di materie prime, informazioni o energia.

L'O.E.E. ha molteplici funzioni:

- permette di identificare le perdite maggiori;
- costituisce un appropriato percorso per individuare i problemi e aumentare la capacità della macchina;
- determina il rendimento attuale;
- costituisce la base di valutazione dello stato delle macchine presenti in fabbrica.

In Figura 2-3 è riportato uno schema grafico per il calcolo dell'O.E.E.

Si parte dal tempo di apertura dell'impianto al quale si sottraggono tutte le fermate programmate, quel che rimane è il Tempo Produttivo Programmato ( $T_{pp}$ ), base per il calcolo dell'O.E.E.

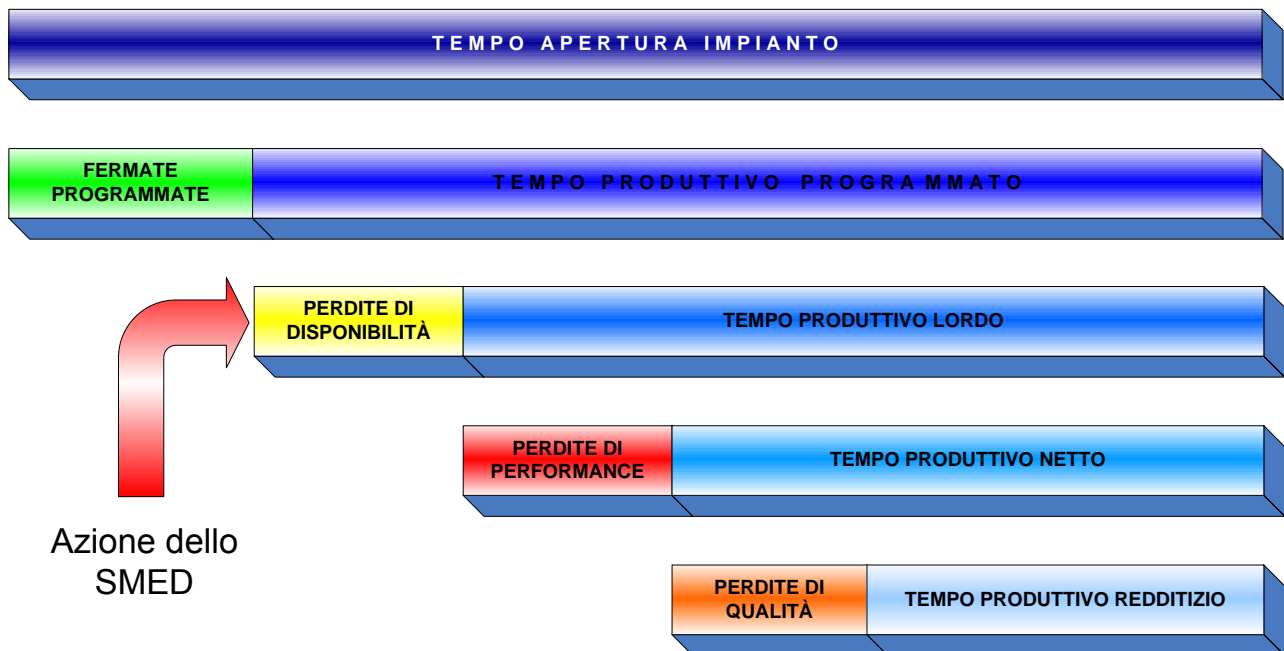


Figura 2-3: influenza delle perdite sui tempi

### *Disponibilità (Availability, A)*

La disponibilità tiene conto delle perdite per Down Time, che comprendono tutti gli eventi che fermano la produzione programmata per un periodo di tempo apprezzabile, di solito alcuni minuti, e cioè abbastanza a lungo per essere registrato come un evento monitorabile. Sebbene non sia possibile eliminare il tempo di cambio attrezzatura, nella maggior parte dei casi essa può essere ridotta. Il restante tempo a disposizione è chiamato Tempo Produttivo Lordo.

(tempo disponibile = tempo apertura impianto)

$$\text{Availability} = \frac{\text{tempo disponibile} - \text{downtime totale}}{\text{tempo disponibile} - \text{downtime pianificato}}$$

### *Performance (P)*

La performance tiene conto delle perdite di velocità, che comprendono tutti gli elementi che non consentono al processo di operare alla massima velocità possibile, quando sta lavorando. Alcuni

esempi comprendono l'usura della macchina, materiali scadenti, mancata alimentazione e l'inefficienza degli operatori. Il restante tempo a disposizione è chiamato Tempo Produttivo Netto.

$$\text{Performance} = \frac{\text{output effettivo}}{\text{output teorico}}$$

#### *Qualità (Quality Rate o Yield, Q)*

Questo termine tiene conto delle perdite dovute al mancato raggiungimento degli standard di qualità e alle rilavorazioni che si rendono necessarie per sopperire a queste mancanze. Il tempo restante, da massimizzare, è chiamato Tempo Produttivo Reddito.

$$\text{QualityRate} = \frac{\text{prodotti realizzati} - \text{rigetti}}{\text{prodotti realizzati}}$$

### **2.5 Approccio tradizionale e approccio S.M.E.D.**

La produzione industriale per molto tempo si è basata sul paradigma che per ottenere maggiori risultati in termini di prodotti finiti ricorreva all'utilizzo di maggiori risorse, sia umane che tecnologiche e maggiori ore di lavoro. Tutto ciò comportava ovviamente un aumento dei costi di investimenti in attrezzature e di manodopera che, oltre ad essere impiegata in misura maggiore, doveva anche essere altamente addestrata e specializzata.

L'approccio S.M.E.D. sovverte questa visione puntando prima ad una ottimizzazione dei processi, alla riduzione degli sprechi e delle inefficienze produttive attraverso un accurato studio dei processi e dei metodi, solo infine analizza la possibilità di investire in tecnologia e automazione. Da sempre i set up sono stati affrontati con difficoltà dall'approccio tradizionale che, per cercare di minimizzare i costi che si ripercuotevano su tutto il lotto prodotto adottava, come unica soluzione, la tecnica della produzione a grandi lotti. Per avere un'idea della diversità sostanziale dei due metodi si riporta un esempio numerico.

Supponiamo che il tempo per effettuare un set up sia di 3 ore, il tempo ciclo pari a 1 minuto e la dimensione del lotto prodotto di 100 pezzi. Ipotizziamo inoltre che il costo orario della macchina utilizzata sia di 48 €/ora.

Il costo per ogni singola unità prodotta risulta essere pari a:

$$\text{Costo}_{\text{unitario}} = \frac{\text{Tempo set - up} + \text{Tempo produzione del lotto}}{\text{Dimensione del lotto}} \times \frac{\text{Costo orario}}{60}$$

$$\text{Costo}_{\text{unitario}} = \frac{180 + 100}{100} \times \frac{48}{60} = 2,24 \text{ € /pz}$$

Nel caso in cui il tempo si riducesse a 9 minuti risulterebbe:

$$\text{Costo}_{\text{unitario}} = \frac{9 + 100}{100} \times \frac{48}{60} = 0,87 \text{ € /pz}$$

Nel caso in cui si volesse raggiungere la stessa performance tramite una maggiorazione del lotto prodotto il nuovo lotto dovrebbe essere pari a

$$\text{Dimensione lotto} = \frac{\text{Tempo di set - up}}{\frac{60 \times \text{Costo unitario}}{\text{Costo orario}} - 1}$$

$$\text{Dimensione lotto} = \frac{180}{\frac{60 \times 0,87}{48} - 1} = 1997 \text{ pz.}$$

Le conseguenze della produzione di un lotto così grande sono problemi di accuratezza delle previsioni della domanda, spazio per le scorte di materiali, incremento del WIP e del lead time di produzione, rischio di obsolescenza, ecc..

I risultati attesi sono sia di tipo diretto che indiretto e si possono così riassumere.

- Risultati diretti
  - Riduzione del tempo di fermo linea
  - Riduzione tempi attrezzaggio e regolazione
  - Minori errori attrezzaggio
  - Miglioramento della qualità del prodotto
  - Maggiore sicurezza del lavoro
- Risultati indiretti
  - Riduzione degli stock
  - Aumento della flessibilità produttiva
  - Razionalizzazione di utensili e attrezzature



## 2.6 Fasi concettuali per l'applicazione

La metodologia S.M.E.D. è composta da 5 fasi progressive che si sviluppano in modo da intervenire dapprima in modo generale sui maggiori sprechi per poi addentrarsi in modo chirurgico su particolari specifici. Man mano che si procede nello sviluppo delle fasi aumenta la complessità di attuazione mentre l'efficacia diminuisce in termini percentuali.

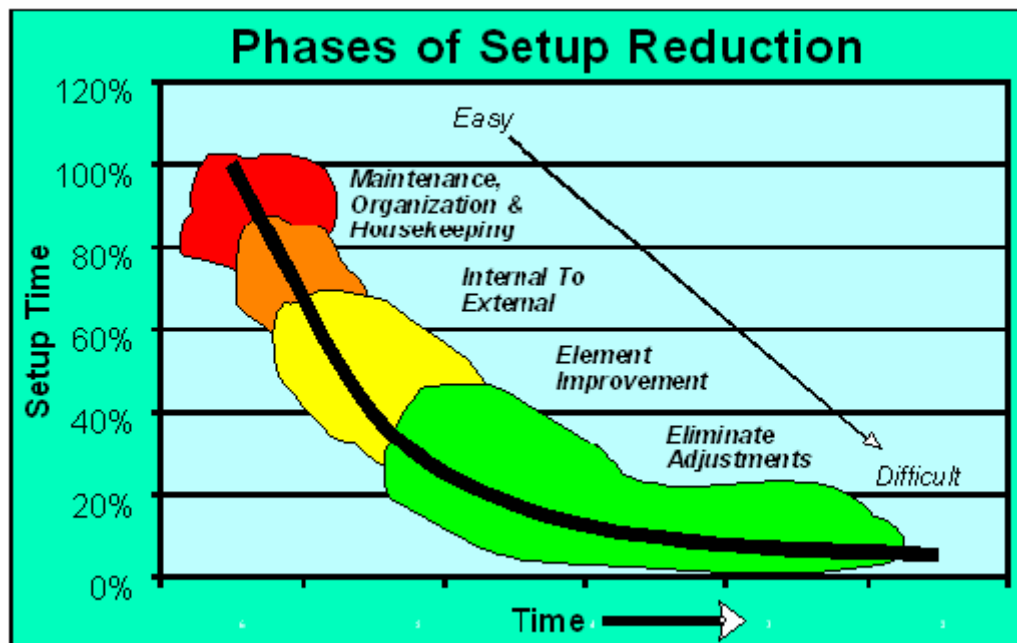


Figura 2-4: fasi dell'applicazione S.M.E.D.

### 2.6.1 Fase preliminare: organizzare, osservare, registrare

Prima di addentrarsi nell'applicazione delle tecniche S.M.E.D. è necessario porsi alcune domande in modo da definire un progetto chiaro e un team con idonee responsabilità e poteri per il raggiungimento degli obiettivi prefissati. È fondamentale quindi definire i motivi dell'esecuzione dell'analisi su un determinato impianto e i risultati attesi definiti dai partecipanti al gruppo di lavoro. Questo è in genere composto da 5/7 persone dalla comprovata competenza e esperienza all'interno dell'impianto come quadri dirigenti, capi reparto, operatori di manutenzione e di produzione poiché nessuno meglio di chi è a contatto per molte ore al giorno con le macchine che lavorano sa quali sono effettivamente i problemi che le affliggono. Oltre che a queste figure si consiglia di aggiungere una persona esterna che, non essendo coinvolta nelle dinamiche e nella filosofia aziendale, possa sfidare le norme e le procedure di lavoro, esplicite e implicite, ormai consolidate all'interno dell'azienda. Individuate le persone che comporranno il team di analisi è necessario dare loro una formazione relativamente ai principi sui cui si basa lo S.M.E.D. con una

riunione in cui, attraverso supporti visivi, si illustrano ai componenti i passi principali da effettuare per eseguire una corretta attuazione della metodologia. Ogni persona avrà un ruolo ben definito all'interno del processo.

Il primo passo di questa fase consiste nell'effettuare un'osservazione iniziale delle attuali operazioni di attrezzaggio, individuando il ciclo dettagliato delle attività e i tempi ad esse associati: questo compito è spesso svolto con l'ausilio di una telecamera che consenta al gruppo di lavoro di rivedere le operazioni tutte le volte necessarie alla loro revisione critica. L'attività di set-up viene poi scomposta in operazioni elementari (mediamente una ventina) che devono essere chiaramente connotate e tempificate grazie all'uso di un'opportuna modulistica.

Ogni operazione è svolta da un membro diverso del gruppo di lavoro che è suddiviso in:

- *Recorder*: compongono il gruppo che deve prendere nota dei dati generali delle attività svolte per l'attrezzaggio, quali la durata dell'intero set-up, chi è coinvolto nelle operazioni, gli utensili necessari, ecc.
- *Timer*: hanno il compito di registrare e tempificare le varie fasi dell'attrezzaggio dividendole in operazioni temporali elementari.
- *Fact Collectors*: prendono appunti su ogni singola attività presente nel set-up suddividendo le operazioni in azioni.

La Tabella 2-1 rappresenta un esempio dell'attività e dei risultati del gruppo di Timer. Essa riporta la scomposizione dell'operazione di set-up in attività elementari con la valutazione e la registrazione dei tempi di esecuzione prima (elapsed) e dopo l'implementazione delle eventuali modifiche derivate dall'analisi S.M.E.D.

Step	Description	Time		Bar Chart
		Elapsed	Step	
1	Remove guards	3min 42sec	3min 42sec	
2	Loosen bottom bolts	12min 12sec	8min 30sec	
3	Lower ram	19min 29sec	7min 17sec	
4	Loosen top bolts	31min 13sec	11min 44sec	

**Tabella 2-1: rilevazioni effettuate dai Timer**

I Fact Collectors devono assicurarsi che nessun elemento dell'operazione elementare venga dimenticato durante la fase di registrazione. La registrazione deve risultare chiara, completa e

concisa. Considerando la prima operazione riportata nella tabella precedente i Fact Collectors dovrebbero arrivare, ad esempio, ad esplodere l'attività nelle operazioni come indicato in Figura 2-5.

- 
- 1 – Walk to control panel*
  - 2 – Switch machine off*
  - 3 – Wait for flywheel to stop*
  - 4 – Get spanner from toolbox*
  - 5 – Remove 3 hex bolts*
  - 6 – Get Allen key*
  - 7 – Remove 5 Allen bolts*
  - 8 – Remove guard*
  - 9 – Walk to rear of machine*
  - 10 – Place guard on the floor*
  - 11 – Walk to front of machine*

**Figura 2-5: descrizione delle operazioni**

### ***2.6.2 Fase 1: operazioni interne ed esterne***

In questa fase occorre distinguere ciò che deve essere necessariamente effettuato a macchina ferma (attività di attrezzaggio interno) da ciò che può essere eseguito sulla macchina in funzione, cioè prima del cambio utensile (attività di attrezzaggio esterno). Bisogna porsi la domanda se ciò che viene eseguito a macchina ferma può essere anche fatto con la macchina in funzione, e quindi convertire le attività interne in attività esterne. Certe attività, infatti, possono essere svolte mentre le macchine stanno lavorando come ad esempio le seguenti:

- 1) Scegliere le persone per lo svolgimento delle operazioni di set-up;
- 2) Preparare parti e strumenti;
- 3) Fare riparazioni;
- 4) Portare parti e strumenti presso le macchine.

Tuttavia, molte di queste operazioni vengono svolte internamente, con un incremento dei tempi passivi che può raggiungere il 100%. E' necessario quindi individuare quelle operazioni che, con semplici accorgimenti, possono essere effettuate in ombra alla produzione e non a macchina ferma. Esistono tre tecniche fondamentali per facilitare la separazione delle attività interne da quelle esterne o, meglio, per evitare che operazioni esterne “diventino” interne durante l'esecuzione del set-up:

- 1) Creare e seguire delle check-list scrupolose
- 2) Eseguire dei controlli funzionali
- 3) Ottimizzare il trasporto delle parti e degli strumenti

Una check-list deve contenere tutte le informazioni su tutto ciò che è necessario per eseguire il prossimo set-up. In pratica deve specificare:

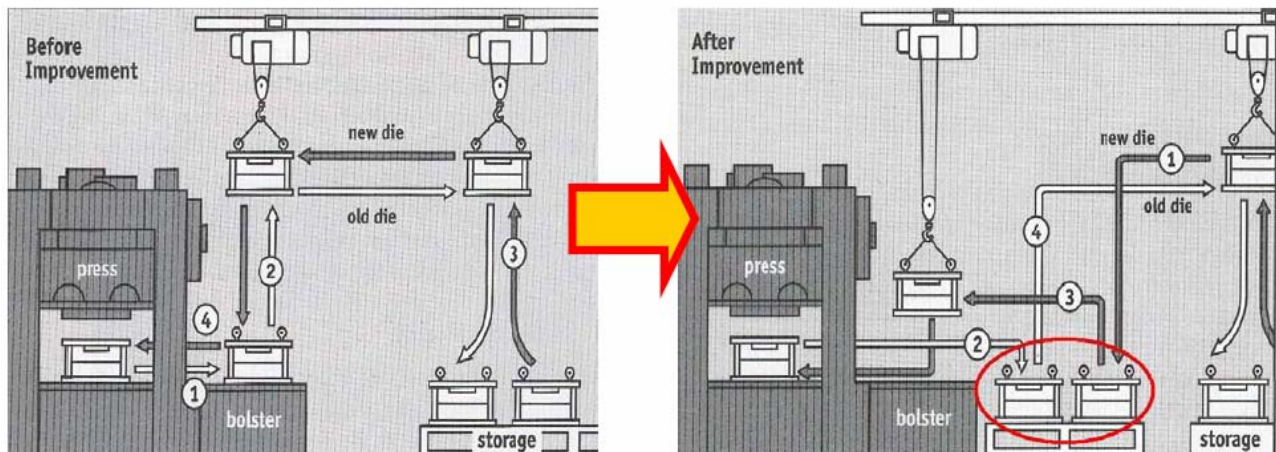
- Operatori,
- Strumenti;
- Parti;
- Variabili operative (temperature, pressioni, tensioni di alimentazioni, ecc);
- Procedure operative;
- Metriche.

Operation Checklist		effective 4/30	
Equipment: Line C Casepacker			
Operation: Changeover to 3.5 lb size			
Date: 5/7			
Employees trained for setup and operation (need 2 people)			
	Colleen R.	✓	Jody M.
✓	Elizabeth B.		Kyle B.
Tools needed			
✓	automatic nut driver		
✓	hex wrench		
	rolling cart -- at Line B 'til 10:30		
Parts needed			
✓	elevator plate--3.5 lb. size		
✓	compression plate--3.5 lb. size		
✓	feed augur--3.5 lb. size		
✓	vacuum hose, towels, brushes for cleandown		
Standard Operating Procedures to follow			
✓	SOP 001 (changeover)	✓	SOP 003 (cleandown)

**Tabella 2-2: esempio di checklist**

Dopo aver controllato che tutto il necessario sia presente è d'obbligo verificarne lo stato operativo e l'integrità attraverso i controlli funzionali. Evidentemente, tanto più grande sarà l'anticipo temporale rispetto al momento in cui dovrà essere eseguita l'attività di set-up, tanto maggiori saranno le probabilità di evitare problemi. Infatti, se ci sono parti o strumenti da riparare, è importantissimo disporre del tempo necessario per eseguire la manutenzione in ombra alla produzione. Tutte le parti e gli strumenti identificati dalle check-list realizzate devono essere presenti a bordo macchina al momento del set-up. Se la movimentazione riguarda parti di dimensioni e peso notevoli e richiede l'uso di risorse critiche come i carri ponte, questo punto diviene nevralgico. Infatti è necessario rivedere le procedure di trasporto in modo da ridurre il tempo di fermo macchina, al fine di scongiurare il deterioramento delle performance produttive.

Una delle prime azioni che vengono attuate all'interno di uno studio S.M.E.D. è, infatti, l'ottimizzazione dei trasporti. Ad esempio, per ridurre il tempo passivo di una pressa che richiede la movimentazione degli stampi mediante un carro ponte, è possibile modificare la procedura di movimentazione come illustrato di seguito.



**Figura 2-6:** situazione prima (scarico del vecchio stampo prima di caricare il nuovo) e dopo l'attuazione (il nuovo stampo viene caricato prima di depositare quello vecchio)

### 2.6.3 Fase 2: Conversione da attrezzamento interno ad attrezzamento esterno

Le attività della Fase 1 non consentono, da sole, di ridurre il tempo di set-up oltre una certa soglia. Per raggiungere valori dell'ordine del "single minute" è necessario trasformare una parte di operazioni di attrezzaggio interne in operazioni esterne, in modo da poterle svolgere in ombra alle attività produttive. Le fasi fondamentali di questa fase sono due:

- Analizzare la funzione di ogni singola attività nel set-up interno attuale
- Convertire le attività interne in attività esterne

Un possibile esempio di queste attività riguarda gli stampi di fusione. In genere, gli stampi vengono installati e successivamente riscaldati per portarli alla temperatura di funzionamento. Effettuare un'attività di pre-riscaldamento mentre si conclude la fase operativa precedente permette di risparmiare molto tempo.

In generale le tecniche cui è possibile fare ricorso sono essenzialmente tre:

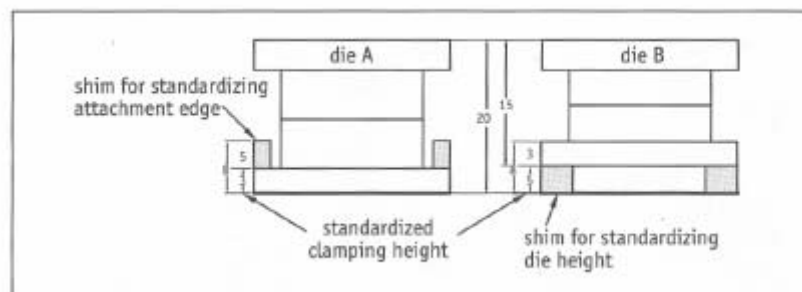
1. *Preparazione anticipata delle condizioni operative:* Se le condizioni operative (temperature, pressioni, posizione dei materiali) vengono adeguatamente predisposte i tempi di set-up saranno drasticamente ridotti. Un esempio è l'utilizzazione di un buffer a bordo macchina che consenta di disaccoppiare la richiesta di materiale dalla disponibilità del carrello a

forche utilizzando un congegno che permetta all'operatore di svolgere autonomamente l'operazione di carico e scarico della macchina.

2. *Standardizzazione delle funzioni essenziali:* standardizzare i modi di esecuzione del set-up significa pensare a tutte le possibili modifiche alle macchine e alle attrezzature che possono evitare eventuali attività di aggiustamento complesse e lunghe.

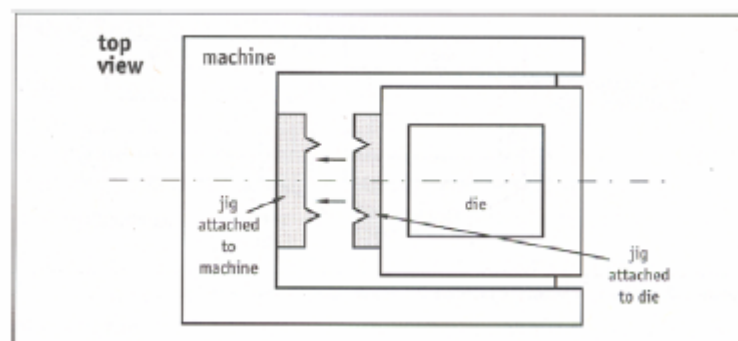
*“Il modo più veloce per cambiare qualcosa è non cambiare nulla!”<sup>3</sup>*

Il caso più noto in letteratura, riportato dallo stesso Shingo, è quello degli stampi per le presse, che possono avere diverse altezze. La soluzione è quella di standardizzare l'altezza degli stampi mediante l'uso di opportuni spessori.



**Figura 2-7: standardizzazione dell'altezza degli stampi**

3. *Utilizzo di sistemi di riferimento per il posizionamento corretto delle parti:* il posizionamento delle parti e delle attrezzature può rivelarsi sia un'attività laboriosa che una fonte di errori di lavorazione. Facilitare il posizionamento mediante cunei, blocchetti e spine può infatti migliorare notevolmente la situazione e consentire di svolgere alcune attività di set-up su attrezzature predisposte a bordo macchina mentre questa sta lavorando.



**Figura 2-8: uso di spine per il riferimento**

<sup>3</sup> Frase attribuita a Shigeo Shingo

All'interno di questa fase, seguendo i suggerimenti dati dalle tecniche a cui è possibile far riferimento per esternalizzare le attività, è possibile predisporre logisticamente le attività da "tirare fuori" ed eseguire lontano dalla postazione di lavoro. Una volta individuate ed eventualmente progettate le soluzioni da implementare per ottenere riduzioni dei tempi di set-up, è necessario eseguire in un "ambiente prova" la nuova sequenza di operazioni. Solo così si possono valutare i bilanciamenti e la reale convenienza ad allocare esternamente e in anticipo al fermo impianto alcune operazioni, oltre che valutare l'effettivo grado di addestramento delle risorse dedicate.

#### ***2.6.4 Fase 3: semplificazione delle operazioni di set up***

Una volta esternalizzate le attività individuate, è necessario evidenziare le operazioni anomale e valutarne la possibile eliminazione, o almeno la riduzione, dei tempi occorrenti mediante modifiche riguardanti il metodo, le attrezzature o il ricorso a "manualità e occhio". E' fondamentale, in altre parole, analizzare ancora una volta le operazioni eseguite con i nuovi metodi e valutare se possono essere apportati ulteriori miglioramenti. Macchine complesse quali, ad esempio, grandi presse o sistemi di colata spesso richiedono operazioni su più lati della macchina. Utilizzare un singolo addetto per eseguire tutte le operazioni di set-up significa perdere una notevole quantità di tempo a causa dei continui movimenti richiesti attorno alla macchina. Utilizzare operazioni in parallelo si concretizza nel dividere le varie attività elementari fra due (o più) operatori che, "responsabili" delle operazioni su diverse aree della macchina, riducendo gli spostamenti intorno alla macchina permettono di diminuire il tempo totale di set up. Anche se il numero totale di ore di lavoro per l'attrezzaggio non cambia, può crescere il tempo di lavoro produttivo della macchina. Se un tempo di attrezzamento di un'ora fosse ridotto a tre minuti, il secondo addetto sarebbe necessario per tale operazione solo per tre minuti. Per tale motivo spesso si istruiscono degli specialisti nell'attività di attrezzamento (ad esempio nel caso di presse), nuove figure "jolly" che possono lavorare insieme agli addetti macchina.

Per massimizzare l'efficienza e la sicurezza delle attività e per velocizzare la stesura del piano di lavoro è possibile creare le "carte procedurali". Esse indicano la sequenza corretta delle operazioni da svolgere ed il tempo necessario per ciascuna attività. Inoltre, è possibile indicare il tipo di segnale che i vari operatori addetti al lavoro devono inviare al completamento della singola attività, affinché gli altri possano operare in condizioni di estrema sicurezza (ad esempio, avvisi sonori e/o luminosi).

La metodologia S.M.E.D. utilizza una serie di dispositivi chiamati sistemi funzionali di bloccaggio (functional clamps) che permettono di ottenere un efficiente fissaggio di oggetti con il minimo sforzo. Tali dispositivi si basano su bulloni opportunamente modificati piuttosto che differenti sistemi di cerniere che possono essere strette o chiuse velocemente.

Tali dispositivi possono a volte essere fissati direttamente sulla macchina al fine di evitare smarrimenti e si possono dividere in tre grandi categorie: One-Turn, One-Motion e Interlocking Methods.

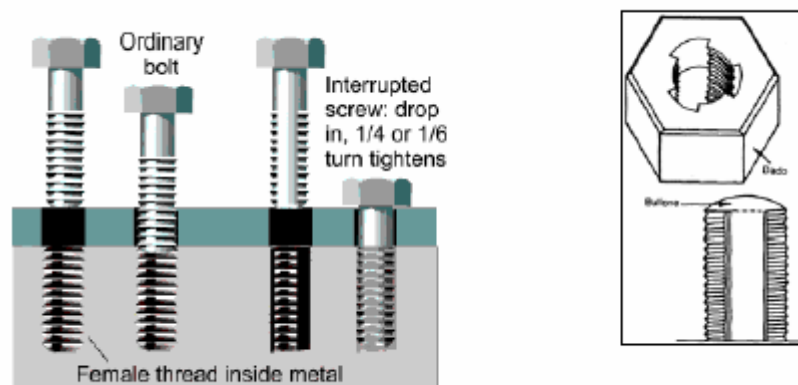
1. *One turn*: sono dispositivi che si basano su bulloni opportunamente modificati per sopperire agli svantaggi esposti nel paragrafo 2.1: il bullone presenta notevoli svantaggi ed è il primo dei sistemi di bloccaggio che deve essere eliminato in favore di sistemi funzionali di bloccaggio veloce.

L'operazione di serraggio con il bullone può essere scomposta in :

- Premere il dado sull'estremità del bullone e avvitare almeno un filetto
- Girare il dado
- Serrare il dado con la coppia richiesta in corrispondenza dell'ultimo filetto

È evidente che l'operazione più difficile è la prima poiché è necessario centrare e inserire il dado in direzione normale all'asse del bullone. È quindi conveniente adottare tutti quei metodi che consentono di eliminare questa prima operazione serrando e allentando il dado senza estrarlo dal bullone. Di seguito si riportano alcuni esempi:

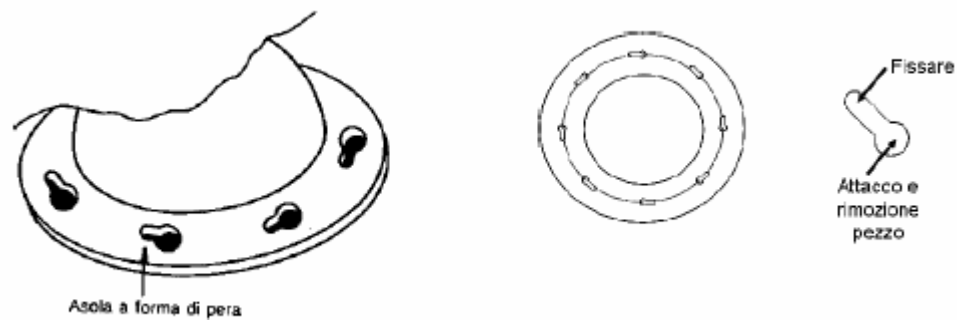
- o Dadi e bulloni con fresature alternate (Split thread method): Si utilizzano 3 intagli longitudinali fresati sul filetto dei bulloni e, in corrispondenza, dei dadi. Quando il dado è applicato al bullone facendo corrispondere le zone filettate rimaste sul dado stesso a quelle fresate del bullone, il dado può essere fissato con un solo "terzo" giro.



**Figura 2-9: dado e bullone con fresature alterne**

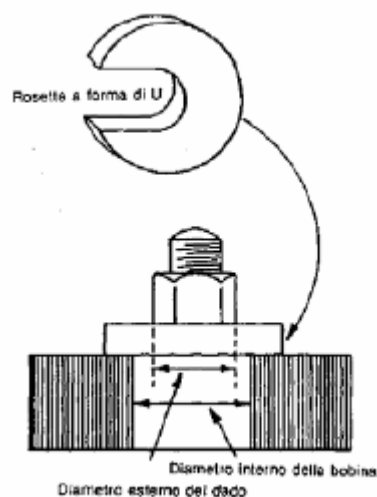


- Asole a forma di pera (Pear-shaped hole method): Realizzazione delle asole dei bulloni a forma di pera. In tal modo, una volta allentato il dado (con un solo giro), il pezzo può essere ruotato e staccato facendo passare la testa esagonale dall'asola senza la necessità di rimuovere completamente dado e bullone.



**Figura 2-10: impiego di asole a forma di pera**

- Rosetta a forma di U (U-shaped washer method): Utilizzo di un bullone di diametro esterno inferiore di quella del diametro interno del pezzo da bloccare, unito a una rosetta a forma di U. Il pezzo può essere estratto molto velocemente allentando il dado di un solo giro, togliendo la rosetta a forma di U e facendo uscire il pezzo senza estrarre completamente il dado.

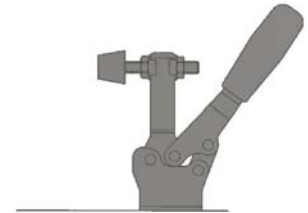


**Figura 2-11: rosetta a U**

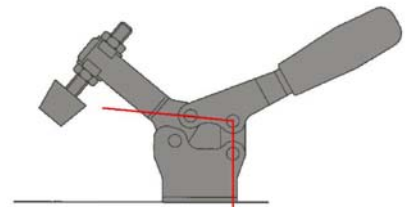
2. *One-Motion*: Così come indica il nome, i metodi one-motion permettono di bloccare un oggetto con una sola azione.

- Morsetti rapidi: gli attrezzi di serraggio rapido presentano decisivi vantaggi derivanti dall'utilizzo del principio a ginocchiera di cui si fornisce una spiegazione:

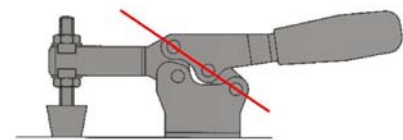
- La leva di serraggio si apre in modo tale da liberare completamente il piano di lavoro, cosicché il pezzo in lavorazione possa essere estratto e/o disposto nell'attrezzatura senza difficoltà.



- È sufficiente un piccolo spostamento della leva di comando per avvicinare la leva di serraggio al pezzo in lavorazione. La disposizione dei tre perni, mostra chiaramente che la forza esercitata dalla leva di serraggio è trasmessa alla leva di comando.



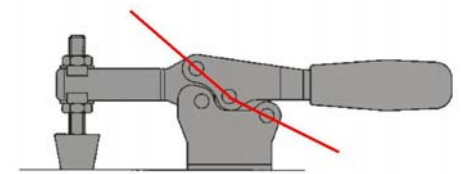
- Quando i tre perni sono allineati (figura a fianco), viene raggiunta la massima forza di serraggio (punto morto della leva). L'intensità della forza esercitata sull'attrezzo dipende essenzialmente da:



- Forza esercitata sulla leva di comando.
- Posizione della vite di pressione sulla leva di serraggio.

Nella posizione di massima forza, l'equilibrio del serraggio è instabile, in quanto forze contrarie agenti sulla leva di serraggio possono sganciare l'attrezzo.

- Se nella posizione di bloccaggio, il punto morto della leva viene superato di un certo limite, la leva di serraggio si ferma con un arresto fisso raggiungendo così un serraggio sicuro ed irreversibile.

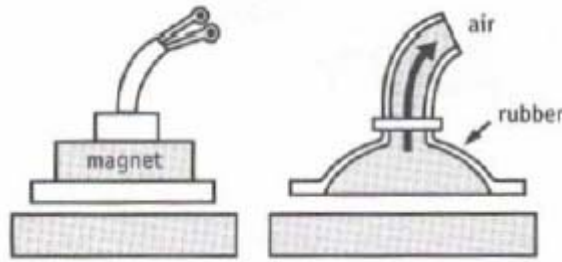


Sempre sfruttando il principio esposto si possono utilizzare morsetti rapidi verticali, in cui cioè le leve di serraggio e di comando si muovono nella stessa direzione e a serraggio ottenuto la leva di comando si trova in posizione verticale, orizzontali, ad asta di spinta o a tirante. Una gamma rappresentativa è mostrata in Figura 2-12.



**Figura 2-12: varie tipologie di morse rapide**

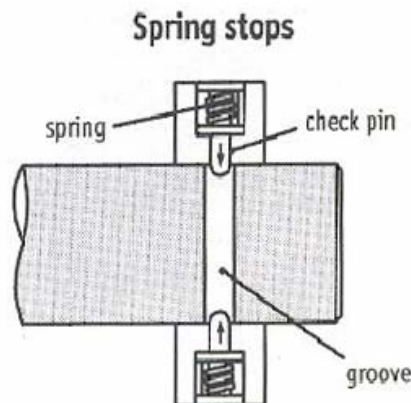
- Sistemi magnetici e “a vuoto” (Magnets or vacuum suction): i sistemi di fissaggio magnetici o ad aspirazione “a vuoto” risultano particolarmente convenienti quando l’intera superficie del pezzo deve essere lavorata e non c’è un alloggio per i sistemi di bloccaggio tradizionali. I sistemi “a vuoto” richiedono, evidentemente, una superficie sufficientemente regolare e liscia al fine di evitare infiltrazioni d’aria.



**Figura 2-13: fissaggio magnetico (a sinistra) e sotto vuoto (a destra)**

- Sistemi di bloccaggio a molla (Spring stops): L'elasticità di una molla può essere utilizzata per assicurare un oggetto mediante semplici meccanismi di espansione. L'estrazione delle parti è altrettanto semplice: nel caso di piccole forze in gioco basta applicare una trazione sufficiente a far rientrare le spine di fermo (spesso si tratta di sfere, proprio per agevolare le fasi di inserimento ed estrazione).

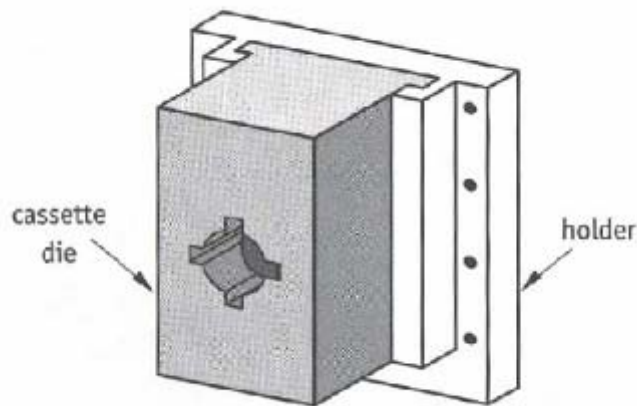
I sistemi a molla generalmente sono più adatti al riferimento ed al posizionamento piuttosto che al bloccaggio delle parti. In questi casi è necessario considerare la direzione e il modulo delle forze in gioco, provvedendo alla creazione di opportuni sistemi per bilanciarle efficacemente.



**Figura 2-14: bloccaggio a molla**

3. Interlocking Methods: i sistemi di connessione possono essere semplicemente descritti come metodi per adattare e congiungere due parti insieme senza l'utilizzo di cerniere e senza necessità di garantire il serraggio (ad es.: centraggio e/o riferimento). Nella maggior parte dei casi si tratta di sistemi con superfici accoppiate (scanalature, code di rondine, ecc.). Talvolta, studiando adeguatamente l'entità delle forze in gioco, è possibile sostituire sistemi di serraggio come bulloni con sistemi di riferimento costituiti da spine o da scanalature opportunamente sagomate. Ad esempio, per collegare una matrice di stampaggio per materie plastiche alla pressa è possibile costruire un'attrezzatura profilata standardizzata, che si

accoppi senza gioco con la matrice. In questo modo le fasi di inserimento ed estrazione sono estremamente rapide e precise. Inoltre, tenuto conto della direzione delle forze in gioco, è evidente che tale sistema garantisce sempre il corretto posizionamento.



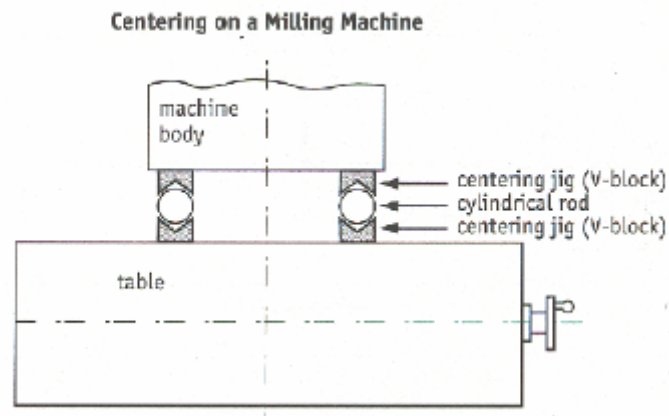
**Figura 2-15: bloccaggio con cava a T**

Sempre all'interno di questa fase è fondamentale anche ridurre gli aggiustamenti necessari durante i set-up dato che sperimentalmente aggiustamenti e test ricoprono il 50% del tempo complessivo di set-up. La loro eliminazione permette, dunque, un notevole incremento delle prestazioni ed un risparmio sensibile di tempo. L'obiettivo ideale che si propone lo S.M.E.D. è quello di eliminare, e non semplicemente ridurre, la necessità di ricorrere agli aggiustamenti. Generalmente, questi ultimi sono inevitabili a causa di errori di dimensionamento, di centraggio o, comunque, di inadeguatezze nel set-up interno. Quindi la loro rimozione deve cominciare a monte, con una revisione del processo di set-up interno. Un punto cruciale riguarda la completa eliminazione dei settaggi basati sull'intuito o sull'esperienza degli operatori. Infatti, tutte queste situazioni mancano della precisione necessaria per cominciare a lavorare subito e senza alcun problema.

Tre tecniche pratiche per eliminare gli aggiustamenti sono:

- Usare scale numeriche graduate e settaggi standardizzati: nei casi più semplici si possono utilizzare scale graduate visuali, blocchetti spaziatori standardizzati o gauges graduati con precisioni fino a 0.01 mm, ma per applicazioni in cui sia necessaria una estrema precisione o una maggiore velocità di rilevazione di posizioni e spostamenti si può fare ricorso ai sistemi di rilevamento numerici digitali.

- Visualizzare centri e piani di riferimento: sulle macchine i centri ed i piani di riferimento non sono visibili come sui disegni. Generalmente vengono ricercati mediante un dispendioso processo per tentativi (con una conseguente fortissima incidenza di errori di posizionamento). Ad esempio, per centrare un pezzo su una fresatrice in modo rapido e preciso, è possibile utilizzare un sistema di blocchetti opportunamente installati sulla testa della fresatrice e sulla tavola porta pezzo.



**Figura 2-16: centraggio con blocchetti a V**

Come mostrato in Figura 2-16, due blocchetti a V sono fissati sulla superficie parallela alla tavola della testa della fresatrice, altri due, identici, sulla tavola porta pezzo. Due blocchetti cilindrici vengono inseriti tra i V-blocks, in modo da garantire il perfetto centraggio del pezzo rispetto alla macchina.

- Utilizzare il sistema “Least Common Multiple” (LCM): molte operazioni coinvolgono gli stessi meccanismi e si differenziano solamente per dimensioni e/o percorsi. Pertanto, è necessario eseguire un set-up ogni volta che cambiano le dimensioni dei pezzi o i percorsi che gli utensili devono seguire durante la lavorazione. Il sistema del “minimo comune multiplo” intende ridurre la necessità di aggiustamenti incorporando nelle macchine il numero di meccanismi necessario per svolgere tutte le funzioni previste.

Un ultimo, ma non meno importante, miglioramento che può essere apportato durante l'applicazione di questa fase è la creazione di sistemi visuali. Le perdite associate con la ricerca delle attrezzature e con il disordine in genere devono essere eliminate, ad esempio, utilizzando metodologie di “Visual Placement”.

### ***2.6.5 Fase 4: documentazione del nuovo processo***

Dopo aver attuato tutti i miglioramenti ideati e progettati è necessario stendere una nuova procedura che riordina cronologicamente le nuove operazioni da eseguire e istruire adeguatamente il personale sui nuovi comportamenti da tenere. Le procedure, così redatte, devono essere riportate su un foglio ciclo che dovrà essere presente a bordo macchina in modo da assicurare che le procedure vengano seguite dagli operatori. Inoltre si deve rivedere l'intero processo di set-up per poter determinare con certezza cosa funziona bene e individuare quello che invece non funziona. Dalle conclusioni tratte da queste analisi, possono essere individuati eventuali nuovi cambiamenti che il team di lavoro vorrebbe eseguire prima di passare ad una nuova analisi S.M.E.D.. Le fasi descritte, possono, nelle applicazioni, non essere eseguite nella sequenza illustrata. Capita infatti che due fasi vengano eseguite contemporaneamente o una preceda l'altra nell'ordine di applicazione. Questo avviene perché ogni caso analizzato è diverso dall'altro e quindi può accadere, ad esempio, che la stesura della procedura sia uno dei primi interventi di miglioramento oppure che la semplificazione delle attività di set-up sia compresa nella progettazione di sistemi per convertire l'attrezzamento interno in attrezzamento esterno.

## ***2.7 Aspetti critici***

Si sono evidenziati i vari passi per l'abbattimento dei tempi di set-up grazie all'adozione del metodo S.M.E.D.: va sottolineato però che essendo un approccio nuovo, basato sulla creatività e l'adozione di sistemi efficaci ma semplici, è necessario favorire alcuni aspetti determinati per la comprensione e la buona riuscita del progetto che possono essere riassunti in:

- **Collaborazione e coinvolgimento:** come si è anticipato è di fondamentale importanza coinvolgere gli operatori all'interno del progetto sia perché conoscono perfettamente il funzionamento delle attrezzature sia perché spesso hanno maturato soluzioni per far fronte ai problemi riscontrati, magari rudimentali ma che potrebbero essere usate come base di partenza per il miglioramento. Possono però sorgere fenomeni di riluttanza da parte degli operai più esperti che si sentono depredati della loro conoscenza maturata in anni di lavoro ora che si vedono di fronte la possibilità che (quasi) tutti possano effettuare attrezzaggi agevolmente. Ottenuto il coinvolgimento di certo non si farà attendere la partecipazione in quanto chiunque propone un'idea si darà da fare e cercherà di migliorarla pur di vederla attuata. Quando invece le soluzioni vengono imposte dall'alto e non ci si preoccupa della loro condivisione da parte di tutti gli interessati (capireparto, operatori, manutentori, tecnici

ecc) si corre il rischio che le persone cerchino di farle fallire adottando tecniche improvvisate ottenendo solamente uno spreco di risorse e opportunità.

- Gradualità: i migliori risultati si ottengono con un approccio graduale, sistematico e passo-passo, stile kaizen; solo così possono avvenire i necessari cambiamenti culturali. Infatti lo S.M.E.D. è una vera e propria rivoluzione in aziende di tipo "tradizionale". Per attraversarla con serenità ed in modo indolore, è estremamente importante prevenire l'insorgere di fenomeni di riluttanza, e spesso anche di resistenza ad coinvolgere le persone chiave nell'accettazione dei nuovi metodi.

Umiltà: spendere soldi, in un progetto S.M.E.D., è l'ultima cosa da fare. Prima degli investimenti tecnologici vengono energia mentale, lavoro di gruppo, soluzioni semplici ed economiche. Tutto ciò che viene sviluppato creativamente ed è semplice, ha delle probabilità di riuscita molto superiori rispetto a sofisticate e costose soluzioni puramente tecniche. Quando saranno stati ottenuti dei buoni risultati di abbattimento dei tempi di set-up con un approccio Kaizen, solo allora sarà il momento di considerare eventuali miglioramenti ulteriori per mezzo di investimenti tecnologici. La decisione finale, ovviamente, dovrà essere "economica". Il vero costo consiste nell'utilizzo del personale del team che viene distratto, per un certo periodo, dal suo vero compito aziendale.



### ***3 Applicazione in Donati***

Il progetto di analisi delle perdite e miglioramento dei set-up ha preso avvio con una riunione alla quale hanno partecipato tutte le figure che potevano essere coinvolte nel progetto per una prima spiegazione dei principi della metodologia S.M.E.D., dei modi e dei tempi in cui si sarebbero svolte le varie fasi, dei risultati ottenibili e ovviamente di cosa era richiesto alle persone coinvolte. Queste sono il responsabile della produzione, il magazziniere, il capo reparto saldatura e l'operatore più anziano che lavora sulla macchina di taglio al laser.

Come si è accennato nel capitolo inerente la presentazione dell'azienda nei vari reparti (taglio laser, saldatura e montaggio) attualmente non si rileva un'elevata automazione e la definizione dei tempi produttivi è determinata dall'emissione settimanale, da parte del responsabile della produzione, di un ordine di lavoro, che deve essere rispettato, al quale si aggiunge un ordine giornaliero. Questo però è frutto di una logica che bada soprattutto al rispetto delle consegne e alla gestione delle urgenze piuttosto che ad una pianificazione più sofisticata che tenda a ridurre il numero dei set up. La gestione dei vari ordini, la sequenza produttiva e il metodo di attrezzamento delle macchine è demandato agli operatori che si basano sulla propria esperienza e professionalità per ridurre gli spostamenti di materiale e che cercano di compiere autonomamente operazioni in ombra alla lavorazione e di preparare, o quanto meno avvicinare, il materiale alla macchina prima di iniziare il cambio di produzione. Ciò però è realizzabile solo in parte e reso difficoltoso dalla mancanza di spazio a bordo macchina.

Dopo una prima verifica dei problemi riscontrati nell'attrezzaggio sulle macchine nei tre reparti coinvolti si è giunti alla conclusione di iniziare la fase di studio dal reparto taglio laser per poi estendere la metodologia ad applicazioni anche nel reparto saldatura.

#### ***3.1 Taglio laser***

La scelta di iniziare lo studio dei set-up proprio dalla macchina dedicata al taglio laser è dovuta ad una serie di fattori: in primis il fatto che questa è la macchina più innovativa e redditizia per l'azienda. Un'ora di produzione del laser rende circa il triplo rispetto ad una stazione di saldatura, sia essa automatica o manuale. A questo si va ad aggiungere il fatto che la macchina è quasi sempre satura ed effettua un numero elevato di set up quindi ogni minuto risparmiato durante la fase di attrezzaggio genera ulteriori ore disponibili per la lavorazione di nuovi prodotti e conseguentemente maggiore fatturato.



### ***3.1.1 Il processo attuale***

Il taglio laser viene effettuato da una macchina a 5 assi controllata da un calcolatore sul quale sono caricati i programmi di esecuzione contenenti le traiettorie e le velocità di movimentazione. Analizziamo in dettaglio le fasi della lavorazione: la macchina lavora automaticamente e l'asservimento dell'operatore durante la produzione si concretizza nel controllo dei parametri e nel carico e scarico dei pezzi da tagliare. Questi vengono prelevati da un contenitore posto a bordo macchina, quindi riferiti e fissati su un'apposita attrezzatura, chiamata maschera di saldatura, al banco di lavoro. Una volta controllato che tutto sia pronto l'operatore dà il consenso di inizio lavorazione sul pannello di controllo e attende la fine del taglio, nel frattempo controlla lo svolgersi del processo, pronto a intervenire nel caso in cui sorgano problemi. A fine lavorazione rimuove il pezzo dall'attrezzatura e lo ripone in un apposito contenitore. Una volta finito di produrre il lotto l'operatore si appresta al cambio di attrezzatura che può essere diviso schematicamente in alcune fasi:

- Smontaggio della maschera dal banco: il banco di lavorazione è formato da 4 traverse orizzontali alle quali viene fissata la maschera con dei morsetti.
- Scarico e carico della maschera sul banco: se la maschera è di dimensioni contenute l'operatore la trasporta a mano fino allo scaffale apposito all'interno del reparto e la posiziona nel primo posto libero. Nel caso di maschere più ingombranti e pesanti è necessario l'uso del muletto, che deve essere reperito nell'adiacente magazzino, per il trasporto fino ad uno scaffale esterno più capiente. Depositata la maschera l'operatore si reca a cercare la maschera necessaria alla seguente lavorazione in uno dei due scaffali: quest'operazione si può trasformare in una vera e propria caccia al tesoro! Infatti le maschere vengono depositate indistintamente in uno o nell'altro scaffale a seconda dei posti liberi, inoltre negli scaffali sono stoccate anche molte maschere relative a commesse che non si sono più rinnovate negli anni ma che comunque vengono conservate, dato il costo elevato per la loro realizzazione, nel caso si ripresentasse un'offerta. Dopo il prelievo l'operatore deposita la maschera sul banco: il posizionamento non avviene in maniera casuale ma deve seguire le indicazioni relative agli assi riportate con un pennarello indelebile sulla maschera stessa. Queste devono essere concordi con il verso positivo degli assi di movimentazione del laser come indicato nella Figura 3-4 con il segno "+ X -". Infine l'operatore blocca la maschera sul piano con delle morse .

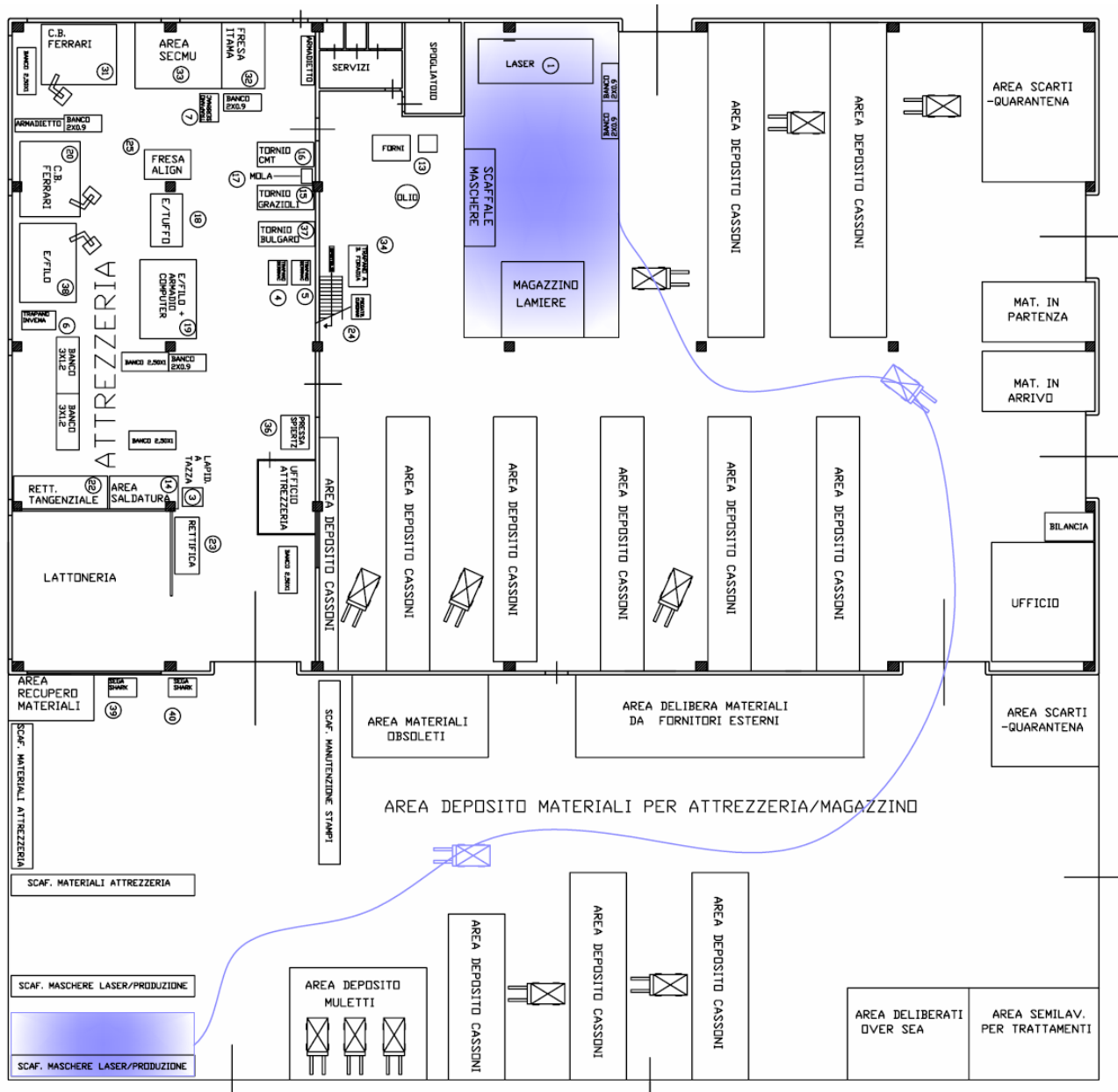


Figura 3-2: tragitto dal laser allo scaffale maschere esterne compiuto dal muletto

- Set – up laser: a questo punto si presenta la fase più complessa poiché la macchina, per poter effettuare la lavorazione memorizzata nel programma, ha necessità di effettuare la regolazione che permette di settare lo zero pezzo. Deve cioè di capire dove e quale orientamento ha il pezzo all'interno del volume di lavoro ovvero dove si trova all'interno del parallelepipedo individuato dalla superficie del banco di lavoro e dalla corsa dell'asse verticale della macchina. Questa operazione viene effettuata manualmente attraverso i seguenti passi:

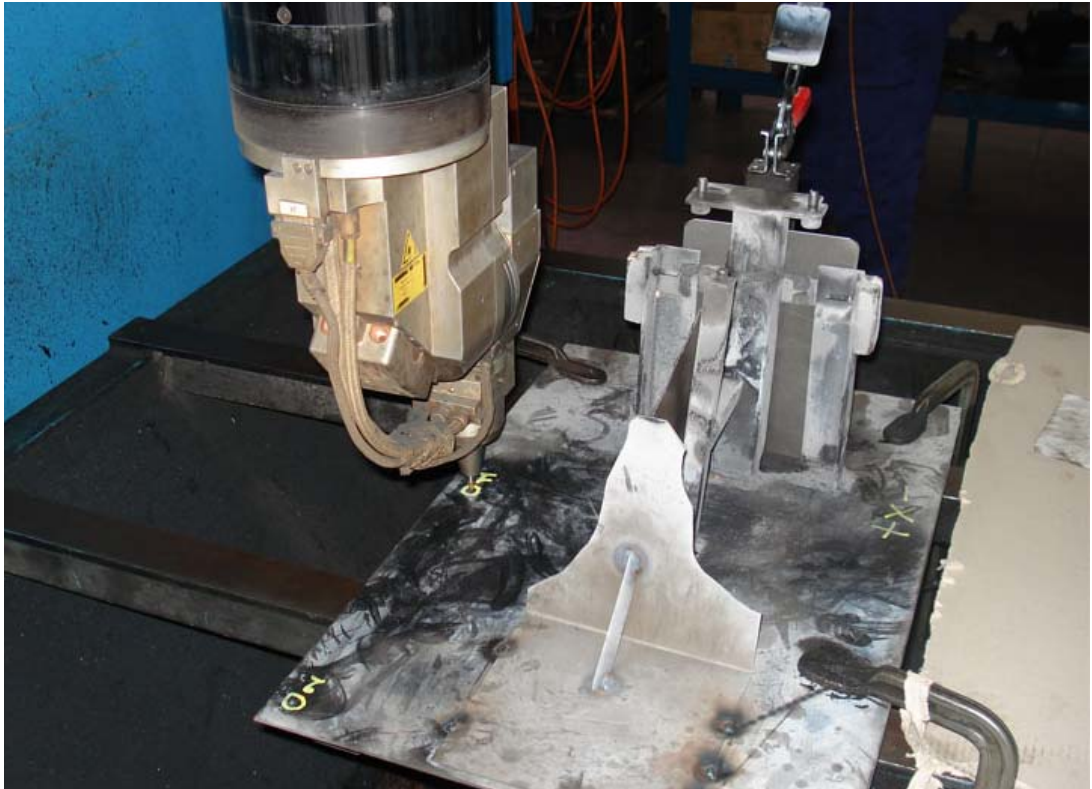
- Smontaggio dell'ugello (tip) della testa laser e montaggio di un tip di calibrazione. Questo è necessario in quanto utilizzando l'ugello per la lavorazione questo potrebbe rovinarsi.



**Figura 3-3: la testa laser con in evidenza il tip.**

- Rilevazione punti: ogni maschera ha 3 punti segnati con un punzone su di essa. L'operatore imposta la macchina in modalità manuale e tramite un comando pendant avvicina la punta della testa fino a toccare il punto di riferimento, effettua la memorizzazione del punto, quindi allontana la testa e ripete l'operazione per gli altri due punti. Questa manovra è critica per due motivi: innanzitutto per la cautela e l'attenzione con cui deve essere eseguita. Un errore nella movimentazione, una distrazione o un avvicinamento a velocità troppo elevata potrebbe provocare un urto tra la testa laser e la maschera con un conseguente danno potenzialmente molto elevato. In secondo luogo la qualità della lavorazione è direttamente influenzata dalla precisione con cui si memorizzano i punti: questa operazione è svolta ad occhio e dipende dall'esperienza dell'addetto alla macchina nonché dalla sua buona vista in quanto nella manovra di avvicinamento l'asse del tip dovrebbe arrivare a coincidere con il punto segnato che non è più grande della punta di uno spillo.
- Montaggio ugello: il tip (ugello) utilizzato per la calibrazione viene svitato e viene montato l'ugello adatto alla lavorazione successiva che si diversifica per forma e diametro dell'orifizio a seconda che si debba lavorare metallo di diverso spessore oppure plastica.

- Richiamo programma: l'operatore si reca alla consolle di comando per richiamare il programma di lavorazione memorizzato nell'hardware della macchina. Il numero del programma è riportato con un pennarello indelebile sulla maschera appena installata e in generale non coincide con il numero del codice lavorato.



**Figura 3-4: fase di rilevazione delle coordinate di riferimento**

- Avvio della lavorazione: dato il consenso alla macchina per l'inizio del taglio l'operatore deve prestare grande attenzione allo svolgimento della lavorazione sul primo pezzo in quanto un errore nell'immissione dei dati del programma o nella memorizzazione dei punti potrebbe causare un urto tra la macchina e il pezzo con conseguenze molto serie.

### ***3.1.2 Fase preliminare: organizzare, osservare, registrare***

Dopo aver fornito una descrizione qualitativa di come avviene la lavorazione e l'attrezzaggio della macchina possiamo ora ad esaminare nello specifico le varie azioni che sono compiute durante il set up e le loro durate. Per fare ciò ci si è avvalsi delle riprese effettuate con una telecamera per registrare le operazioni svolte ed analizzarle nel dettaglio in seguito. Sono state eseguite tre registrazioni per poter determinare i tempi medi di attrezzaggio e delle singole fasi per

l'installazione delle maschere in condizioni operative diverse, con operatori e maschere differenti da caso a caso.

Il risultato ottenuto è da considerarsi soddisfacente per questa fase del progetto in quanto cercare di ottenere un maggior livello di dettaglio comporterebbe molto più tempo e impegno di risorse considerando tutte le possibili combinazioni tra maschere da cambiare e operatori disponibili. È inoltre da considerare il fatto che i dati collezionati sottostimano l'effettivo tempo speso mediamente per l'attrezzaggio in quanto l'operatore, sapendo di essere ripreso, molto probabilmente cercherà di effettuare le operazioni nel miglior modo possibile nonostante sia a conoscenza dello scopo della ripresa (che non è certo quello di mettere sotto accusa l'operato delle maestranze).

Di seguito si riportano i tempi misurati per i vari set-up:

Tutti i tempi sono espressi nel formato [mm, ss].

Prima rilevazione:

tempo progr.	# fase	Durata fase	%	descrizione
00.15	1	00.15	2,6	smontaggio maschera
01.00	2	00.45	7,8	deposito e prelevamento
02.30	3	01.30	15,5	fissaggio nuova maschera
04.13	4	01.43	17,8	rimozione pallet PF e avvicinamento nuovo materiale
08.45	5	04.32	46,9	impostazione coordinate di riferimento
09.40	6	00.55	9,5	montaggio tip e pulizia

**Tabella 3-1: prima rilevazione dei tempi**

La prima rilevazione è stata effettuata durante il cambio di un'attrezzatura molto utilizzata da parte dell'operatore più esperto e con l'aiuto di un tirocinante in azienda da qualche mese.

Sono state svolte in parallelo alcune operazioni come lo smontaggio, il fissaggio e il prelievo della maschera. Si può considerare questo set up come esemplare ma nonostante ciò si nota come la fase di impostazione delle coordinate di riferimento (fase 5) richieda quasi la metà del tempo di attrezzaggio della macchina.



Seconda rilevazione:

tempo progr.	# fase	Durata fase	%	descrizione
00.50	1	00.50	3,1	smontaggio maschera
02.40	2	01.50	6,8	deposito e prelevamento
03.50	3	01.10	4,3	fissaggio nuova maschera
23.50	4	20.00	74,1	impostazione coordinate di riferimento
24.46	5	00.56	3,5	montaggio tip
26.05	6	01.19	4,9	reperimento materiale
27.00	7	00.55	3,4	avvio macchina
50.00	8	23.00		riposizionamento e avvio

**Tabella 3-2:seconda rilevazione dei tempi**

Il secondo set up studiato è sicuramente più rappresentativo del primo in quanto è stato effettuato da un operatore più giovane e meno esperto con l'aiuto dello stesso tirocinante che ha svolto alcune operazioni in parallelo. Questa volta l'operatore si è trovato a dover effettuare il montaggio di una maschera utilizzata raramente, il che ha fatto scaturire alcuni problemi.

Come evidenziato nella tabella, in questo caso la fase di impostazione delle coordinate di riferimento è durata molto di più e ciò a causa di una non chiara indicazione riportata sulla maschera del numero di programma di lavorazione che doveva essere richiamato. In mancanza di informazioni precise l'operatore ha dovuto chiamare l'ufficio tecnico ed aspettare che arrivasse qualcuno a districare la questione che è stata risolta dopo 20 minuti.



**Figura 3-5: problema individuazione codice sulla maschera (2 codici presenti)**



L'attrezzaggio è proseguito e dopo 27 minuti la macchina era di nuovo pronta a lavorare ma qualcosa non permette l'avvio corretto: la maschera, molto ingombrante e che occupa quasi tutto il banco di lavoro, non era stata posizionata accuratamente sul piano e quindi alcuni movimenti del programma di taglio risultavano essere fuori dall'area di lavoro. Per questo motivo è stato necessario un ulteriore consulto con l'ufficio tecnico e una volta focalizzato il problema si è provveduto a smontare la maschera, traslarla di alcuni centimetri sul banco di lavoro, fissarla, cambiare il tip, riferirla su tre punti, richiamare il programma ed effettuare il set up del software: l'avvio della lavorazione è avvenuto dopo circa 50 minuti dopo l'ultimo pezzo lavorato del lotto precedente.

Quanto avvenuto evidenzia come, durante un cambio di attrezzatura, si possano sovrapporre contemporaneamente problemi di natura diversa.

Terza rilevazione:

tempo progr.	# fase	Durata fase	%	Descrizione
01.55	1	01.55	13,5	smontaggio tip e calibrazione
02.25	2	00.30	3,5	smontaggio maschera
03.00	3	00.35	4,1	deposito maschera
06.00	4	03.00	21,2	avvicinamento cassoni con muletto
06.40	5	00.40	4,7	prelievo maschera
07.55	6	01.15	8,8	bloccaggio
12.40	7	04.45	33,5	Impostazione coordinate riferimento
13.00	8	00.20	2,4	cambio tip
14.10	9	01.10	8,2	avvio programma

**Tabella 3-3: terza rilevazione dei tempi**

Si è effettuata un'analisi dei tempi quasi nella stessa identica situazione del primo rilevamento, gli operatori erano gli stessi e la maschera da montare la medesima. In questo caso però il tempo totale è maggiore di circa il 50% rispetto al primo caso. Osservando la tabella si nota che il tempo di impostazione delle coordinate è praticamente uguale a quello della prima rilevazione, sono aumentati invece i tempi nella fase di smontaggio del tip e di avvicinamento del materiale da

lavorare che hanno notevolmente contribuito all'incremento totale del tempo di set up. Questo è aumentato perché intorno alla macchina erano presenti alcuni contenitori che si sono dovuti rimuovere con il muletto per permettere l'avvicinamento del materiale per la successiva lavorazione.

### 3.1.3 Fase 1: Operazioni interne ed esterne

Abbiamo dunque esaminato come avviene un generico attrezzamento, le fasi in cui si svolge e la loro durata. Consideriamo ora quali delle fasi esposte si debbano eseguire a macchina ferma e quali invece possano essere effettuate in ombra alla lavorazione. Prenderemo come riferimento la successione di operazioni rilevata nella terza osservazione:

1	smontaggio tip e calibrazione
2	smontaggio maschera
3	deposito maschera
4	avvicinamento cassoni con muletto
5	prelievo maschera
6	bloccaggio
7	impostazione coordinate riferimento
8	cambio tip
9	avvio programma

**Tabella 3-4: fasi set up**

Abbiamo visto che le operazioni interne devono essere solamente quelle strettamente necessarie al cambio attrezzatura (montaggio e smontaggio). Allo stato attuale tutte le operazioni indicate nella tabella sono interne in quanto avvengono a macchina ferma. Solo nel caso in cui la maschera da montare sia situata nello scaffale esterno a volte l'operatore riesce a portarla a bordo macchina (o comunque più vicino) prima dell'inizio del set up. La fase 4), in cui si avvicinano i contenitori con il materiale necessario alla macchina, è spesso troppo lunga perché invece di spostare solamente due contenitori, quello dei prodotti lavorati e quello del materiale da tagliare, si devono movimentare altri cassoni per consentire al muletto di fare manovra o sistemare i cassoni con il materiale lavorato che nel frattempo si sono accumulati di fronte alla macchina per l'assenza del carrellista che li portasse in magazzino. La stessa cosa succede per la fase 3) e 5) in quanto non è rara l'eventualità che davanti allo scaffale adibito allo stoccaggio delle maschere siano depositati cassoni che ne impediscono l'accesso (come mostrato in Figura 3-6).



**Figura 3-6: materiale che impedisce l'accesso allo scaffale delle maschere**

### ***3.1.4 Fase 2: Conversione da attrezzamento interno ad attrezzamento esterno***

I metodi già richiamati per lo sviluppo di questa fase sono essenzialmente tre:

- a) Preparazione anticipata delle condizioni operative
- b) Standardizzazione delle funzioni essenziali
- c) Utilizzazione dei sistemi di riferimento per il posizionamento corretto delle parti

Come si è già detto, è indispensabile iniziare le operazioni di set up avendo a disposizione tutto il necessario per poter svolgere le varie operazioni senza dover interrompere l'attività per cercare pezzi mancanti, elementi di serraggio o altro. Nel nostro caso però si è individuata come critica la fase di impostazione delle coordinate di riferimento per cui vale la pena soffermarsi sull'argomento per individuare possibili metodi per ridurre il più possibile, o eliminare del tutto, questa fase utilizzando i suggerimenti descritti nel punto c).

L'intuizione di base è la seguente: se le maschere fossero posizionate sul banco di lavoro sempre nella stessa posizione memorizzata nel processore della macchina, basterebbe richiamare il tipo di maschera e la macchina conoscerebbe già lo zero pezzo senza doverlo calcolare tramite la memorizzazione dei tre punti. In questo caso basterebbe fare il set up la prima volta che si monta la maschera sul banco e memorizzare la posizione sia sul software sia fisicamente sul banco di lavoro.

Vediamo nel dettaglio come è possibile realizzare questa idea:

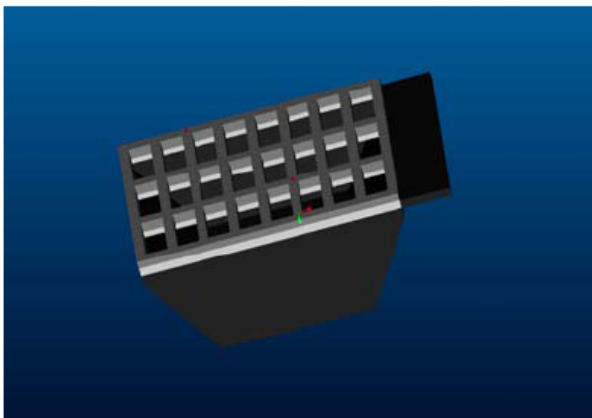
In primo luogo è necessario individuare un sistema che permetta di avere dei riferimenti fisici sul banco in modo da ritrovare la posizione cercata. Questo metodo, d'altra parte, deve garantire una

sufficiente precisione di posizionamento in relazione alla precisione della lavorazione laser che è dell'ordine dei centesimi di millimetro. Avere una precisione dell'ordine dei decimi o minore del pezzo rispetto alla geometria memorizzata nel programma di esecuzione significa perdere tutti i benefici di qualità derivanti dall'utilizzo del taglio laser o addirittura produrre pezzi non conformi.

L'utilizzo di scale graduate disposte sull'asse X e Y del banco sarebbe troppo complicato perché le maschere possono avere un peso superiore ai 25 kg e ingombri notevoli, il che renderebbe molto difficoltoso il posizionamento preciso sul banco.

L'opzione definitiva è stata individuata nella realizzazione di un piano con una griglia di fori determinati univocamente da una combinazione alfanumerica (come avviene per la battaglia navale) fissato sopra il piano di lavoro esistente. Su ogni maschera inoltre andranno praticati tre fori in corrispondenza di un foro sul piano sottostante e all'interno del quale verrà inserito un perno per il bloccaggio. Grazie a questo accorgimento è garantito il riferimento e bloccaggio sul piano orizzontale ma non sul piano verticale che serve solamente ad assicurare che la maschera sia completamente aderente al piano di riferimento. La lavorazione a taglio laser infatti non prevede il contatto dell'utensile con il materiale quindi la lavorazione non esercita forze sul pezzo. Per questo motivo non si è abbandonato l'utilizzo di pinze o morsetti, di dimensioni ridotte rispetto a quelle utilizzate in precedenza, che consentano il bloccaggio della maschera alle traverse del piano.

Per garantire una buona precisione dei fori praticati nelle maschere e nel piano dovranno essere inserite delle boccole. Accanto ad ogni foro saranno incise le coordinate che lo identificano. Inizialmente si sono portate avanti due proposte per la realizzazione del banco: la prima prevede un piano continuo forato mentre la seconda prevede un reticolo formato da barre rettangolari sulle quali sono praticati i fori per il posizionamento della maschera.



**Figura 3-7: le due soluzioni (reticolare e piana) ideate per la realizzazione del banco.**

Dopo aver esaminato i punti di forza e di debolezza della prima e della seconda proposta si è giunti alla scelta della soluzione reticolare perché presenta indubbi vantaggi tra cui:

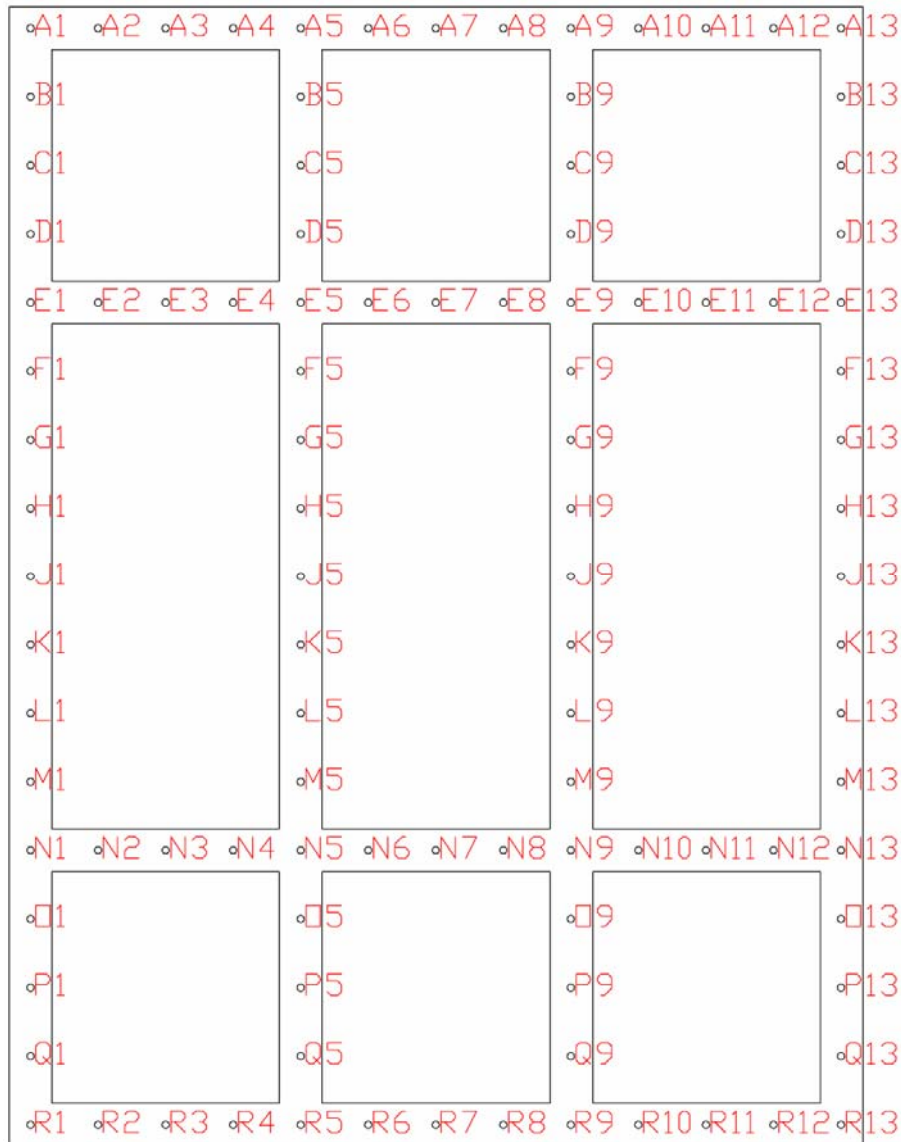
- Totalmente realizzabile internamente all'azienda
- Raccolta degli sfridi di dimensioni più piccole direttamente all'interno del basamento
- Peso e costo del piano contenuto
- Elevato numero di possibili posizionamenti
- Ogni foro è univocamente individuato da una combinazione alfanumerica riportata in prossimità del foro stesso

La numerazione dei fori è costituita da una lettera che indica la riga e un numero che identifica la colonna. Si è esclusa la lettera I per evitare di confonderla con il numero 1 nella lettura delle istruzioni di posizionamento come indicato in Figura 3-8.

In particolare la lavorazione delle traverse e dei correnti che compongono il reticolo può avvenire direttamente all'interno dell'azienda, che possiede i mezzi tecnici per realizzarla, limitando così i costi di realizzazione. Gli sfridi di lavorazione possono cadere all'interno del banco dove è previsto un cassetto estraibile di raccolta, il numero di fori presenti sulle traverse è comunque molto elevato e più che sufficiente a garantire un'elevata flessibilità nei possibili posizionamenti.

<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drastica riduzione dei tempi di piazzamento maschera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rimozione difficoltosa sfridi ingombranti</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esclusione possibilità errore posizionamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adattamento maschere con incastri ad hoc (internamente)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione utilizzo sistemi bloccaggio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo realizzazione piano di riferimento</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indipendenza dei tempi di attrezzaggio dall'operatore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adattamento programma esecuzione</li> </ul>

**Tabella 3-5: Confronto tra soluzione reticolare e piana**



**Figura 3-8: individuazione alfanumerica dei fori sul reticolo**

### **3.1.5 Fase 3: Semplificazione delle operazioni di set up**

Nella fase precedente si è ottenuto un abbattimento notevole del tempo di set up nella fase relativa al posizionamento ma molti accorgimenti possono essere adottati per migliorare le altre fasi dell'attrezzaggio in modo tale da evitare il verificarsi di errori, velocizzare e semplificare le procedure.

- indicazione chiara del numero del programma:

Il numero del programma da richiamare è di solito segnato con un pennarello indelebile sulla maschera insieme al codice del prodotto. Questi due spesso non coincidono perché le maschere vengono progettate e realizzate prima di avere il codice prodotto definitivo; si assegna così un

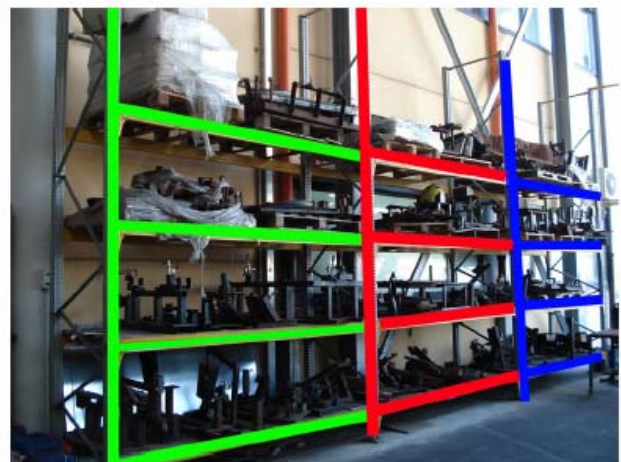
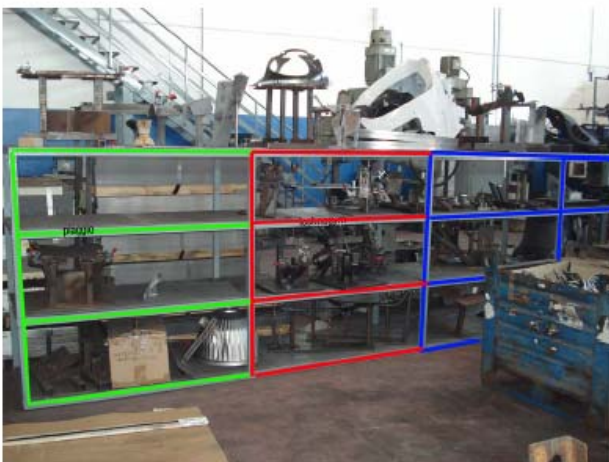
codice casuale che poi non viene più aggiornato. Inoltre, su alcune maschere vengono realizzati più codici che si differenziano tra di loro per alcuni particolari, quali l'inclinazione del taglio o un foro in più. Risulta quindi difficile una completa standardizzazione tra il numero della maschera e il numero del codice, per molti però si potrebbero unificare rendendo così più facile l'individuazione delle maschere.

Un altro accorgimento di rilevante importanza riguarda il riconoscimento del codice da parte dell'operatore. Le maschere, costruite in ferro, giacciono anche per lunghi periodi nella scaffalatura esterna e, anche se al coperto, sono soggette a corrosione. Inoltre durante la il processo di taglio è facile che vi si depositino sopra residui metallici, polvere e oli residui da lavorazione precedenti che contribuiscono ad accelerare il processo di degradazione e possono coprire o rendere illeggibile il codice riportato sopra.

Per questo motivo è necessario provvedere ad una chiara catalogazione tramite una targa di metallo o di altro materiale inalterabile che riporti il numero della maschera, del programma da richiamare, dell'anno di costruzione e del cliente.

- ordine sugli scaffali

Attualmente le maschere sono posizionate all'interno dei due scaffali disponibili in modo casuale da parte degli operatori. Questo non può essere tollerato nell'ottica S.M.E.D.: ogni cosa deve essere chiaramente individuabile e avere un suo posto ben definito. Per questo si sono divisi i ripiani degli scaffali assegnando ad ogni ripiano un colore identificativo del cliente, lo stesso verrà effettuato sulle maschere con un contrassegno a vernice. Dividendo gli scaffali per clienti si contribuisce a ridurre il tempo per la ricerca della maschera da sostituire e a creare un ambiente di lavoro più ordinato.



**Figura 3-9: individuazione settori dedicati degli scaffali tramite colori**



- tabella scaffale / maschera

Elemento importante per il Visual Control e la rapidità di ricerca delle attrezzature è una tabella contenente in modo sintetico le informazioni relative al posizionamento e deposito delle maschere che sarà apposta a bordo macchina.

scheda piazzamento maschera stazione laser					
Cod. Articolo	Cod. Lavorazione	Locazione magazzino	Cliente / colore	Scheda a pag.	Punti Riferimento
623337	stesso	scaffale A	metalplastic		
645568	PARAFADX	scaffale A	Piaggio		
645569	PARAFADX	scaffale A	Piaggio		
654348	0500	scaffale A	metalplastic		
654829	MP3AA	scaffale A	atis		
2639521	TETTI	scaffale B	Piaggio		
624504000G	0100	scaffale A	MPT		
654367000C	PEDANEAA	scaffale A	metalplastic		
654368000C	PEDANEAA	scaffale A	metalplastic		
L0T013307AA		scaffale A	Technogym		
L0T013308AB		scaffale B	Technogym		
L0T013407AB		scaffale B	Technogym		
L0T013408AB		scaffale B	Technogym		
L0T013410AB		scaffale B	Technogym		
L0T013411AA		scaffale B	Technogym		
L0T013558AA		scaffale B	Technogym		
L0T013569AA		scaffale B	Technogym		
L0T013702AA		scaffale B	Technogym		
L0T01370AA		scaffale B	Technogym		
L0T013712AB		scaffale B	Technogym		
L0T013879AA		scaffale B	Technogym		
L0T013880AA		scaffale B	Technogym		
L0T013961AB		scaffale B	Technogym		
L0T014202AB		scaffale B	Technogym		
L0T015429AB		scaffale B	Technogym		
L0T015603AC		scaffale B	Technogym		
L1064	BIGAMOA	scaffale A	honda		
L1071	BIGAMOB	scaffale A	honda		
L1829	stesso	scaffale B	Technogym		
L1830	stesso	scaffale B	Technogym		
L1915	stesso	scaffale B	Technogym		
L614656	SCARPONE	scaffale A	Piaggio		
L649257	STAFF100	scaffale A	Piaggio		
L649284	STAFF200	scaffale A	Piaggio		
L653052	PARAC	scaffale A	Piaggio		
L872565	STESSO	scaffale A	Piaggio		

**Tabella 3-6: tabella sintetica locazione maschere e programmi**

- istituzione schede posizionamento

Oltre alla tabella sintetica appena descritta che sarà posizionata a bordo macchina, verrà istituito un fascicolo per ogni maschera contenente tutte le informazioni già contenute nella tabella con l'aggiunta della procedura dettagliata per il posizionamento, una foto della maschera, l'indicazione visuale dello scaffale di stoccaggio e un campo a disposizione degli operatori per mantenere aggiornata la scheda con informazioni utili. Ciò, oltre a snellire e rendere più chiare le istruzioni di lavoro, contribuisce in maniera determinante a fare sì che le conoscenze maturate dagli operatori non rimangano a loro esclusivo vantaggio ma vengano formalizzate e registrate in modo da formare e mantenere il know how all'interno dell'azienda



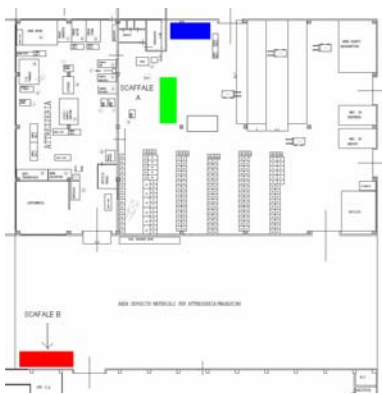

Scheda posizionamento maschera			
Codice articolo	654348		
Codice lavorazione	0500AA		
Cliente	Metalplastic		
Scaffale	A - Verde		
Descrizione	Scudo anteriore Piaggio X9		
Riferimenti x posizionamento	1:	2:	3:
Accorgimenti sul posizionamento			
			
Note aggiuntive	Attenzione alla completa rimozione degli sfridi del foro anteriore		
Rev 1.0	Pag. X di YY		3-10-07

Figura 3-10: Scheda riassuntiva posizionamento maschera.

### 3.1.6 Fase 4: Documentazione del nuovo processo

Considerando tutti gli interventi esposti fino ad ora e ipotizzando, come succede nella normalità, che vi sia un solo addetto che operi sulla macchina, si sono ipotizzati i seguenti tempi per lo svolgimento dell'intero set up della macchina, indicando di seguito la sequenza delle fasi e le sotto operazioni da compiere.

tempo progr.	# fase	Durata fase	%	Descrizione
00.30	1	00.30	9,0	smontaggio maschera
01.30	2	01.00	17,9	deposito e prelevamento
01.55	3	00.25	7,5	riferimento con spine sul piano
02.45	4	00.50	14,9	bloccaggio con morse
04.15	5	01.30	26,9	avvicinamento materiale da lavorare
04.35	6	00.20	6,0	eventuale cambio tip
05.35	7	01.00	17,9	impostazione programma e avvio

**Tabella 3-7: tempificazione fasi set up dopo la prima applicazione Smed**

Descrizione delle fasi:

- 1) Smontaggio maschera: la maschera che ha terminato la produzione viene svincolata dal piano di lavoro. Per questo è necessario allentare, rimuovere e depositare sul banco a bordo macchina prima le morse, quindi sfilare i perni di riferimento grazie all'apposita testa zigrinata e, per evitare di smarrirli, depositarli nella cassetta a bordo macchina.
- 2) Deposito e prelevamento: la maschera è depositata direttamente nello scaffale interno nella sua zona identificata dal colore dei ripiani e viene immediatamente prelevata la successiva. Se questa è collocata nella scaffalatura esterna viene prima portata all'interno in ombra alla lavorazione.
- 3) Riferimento con spine sul piano: accanto ad ogni foro sulla maschera è presente un'etichetta che indica il corrispondente foro sulla tavola, inoltre nel fascicolo a bordo macchina è presente una scheda che riporta chiaramente le modalità di posizionamento e una figura della maschera correttamente piazzata. L'operatore preleva dalla vaschetta le spine e le inserisce nei fori.
- 4) Bloccaggio con morse: l'operatore stringe la maschera al piano con l'ausilio di due morse.

- 5) Avvicinamento materiale da lavorare: in questa fase la movimentazione deve riguardare solo i cassoni contenenti il materiale lavorato e quelli necessari per la successiva lavorazione. Per potere effettuare ciò è necessario che non vengano depositati pallet o altro materiale che possa ingombrare l'area antistante la macchina laser e lo scaffale per le maschere.
- 6) Nel caso in cui sia necessario l'operatore provvede al cambio del tip della testa laser. Ciò avviene solamente se cambia il materiale che subisce la lavorazione (es da metallo a plastica).
- 7) Impostazione programma e avvio: l'operatore si reca di fronte al terminale di controllo e richiama il programma di esecuzione della lavorazione. Controlla i parametri e avvia la lavorazione.

### 3.1.7 Costi

La metodologia S.M.E.D. non si basa sulla forsennata ricerca del miglioramento tramite soluzioni tecnologicamente avanzate e costose bensì sull'adozione di soluzioni economiche, pratiche e semplici da utilizzare, ottenute tramite le conoscenze e l'inventiva del team di sviluppo.

Per questo motivo gli accorgimenti scelti per la stazione di taglio laser oltre a garantire un'elevata riduzione dei tempi sono anche i più economici.

Il preventivo di spesa per la realizzazione del piano reticolare spinato, realizzato internamente all'azienda, è il seguente:

- a) Acquisto tra filato pieno sezione rettangolare 20X60 mm. Lunghezza totale 11200 mm.

$$\text{Volume trafilato} = (11,2 \times 0,06 \times 0,02) m \times 4 = 0,01344 m^3$$

$$\text{Peso trafilato} = 0,01344 m^3 \times 7800 \frac{kg}{m^3} = 105 kg$$

$$\text{Costo} = 105 kg \times 1,5 \frac{€}{kg} = 157,5 €$$

- b) Esecuzione cave

Esecuzione 32 cave su CNC previsti 7,5 min lavorazione per ogni cava.

$$\text{Costo} = \frac{7,5 \times 32}{60} h \times 37 \frac{€}{h} = 148 €$$

- c) Esecuzione fori

Esecuzione 120 fori  $\varnothing$  15mm e alesatura su CNC. Previsti 95 sec per ogni foro.

$$\text{Costo} = \frac{95 \times 120}{3600} h \times 37 \frac{€}{h} = 117 €$$

- d) Acquisto boccole da inserire nei fori da RCM italiana (DIN 179 DNI 10 L20)

$$\text{Costo} = 104 \times 1,68 \text{ €} = 175 \text{ €}$$

- e) Realizzazione 6 spine di riferimento

Acquisto spine da RCM italiana (L=80 D=10X6)

$$\text{Costo} = 6 \times 1,08 \text{ €} = 6,5 \text{ €}$$

Realizzazione interna dell'impugnatura zigrinata

$$\text{Costo} = 6 \times 0,25 \text{ h} \times 37 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 55,5 \text{ €}$$

- f) Saldatura reticolo e spianatura: saldatura effettuata solo su una faccia del reticolo in corrispondenza delle intersezioni. La lunghezza totale del cordone è di 60mm X 24 tratti = 1440mm. Considerando il fattore di conversione per calcolare il tempo impiegato utilizzato abitualmente dall'ufficio tecnico pari a 0,011 sec/mm il tempo necessario ad eseguire la saldatura è di 1440mm X 0,011min/mm = 15,84 min che corrispondono a circa 10 € di lavorazione. Lo stesso tempo e costo si può imputare anche all'operazione di spianatura
- g) La realizzazione completa del piano spinato (Somma dei punti a)...f)) prevede una spesa complessiva di 679,5 €.

### 3.1.8 Risultati

Rispetto alle rilevazioni effettuate il primo ciclo di implementazione della tecnica S.M.E.D. ha portato a poter compiere un set-up completo in circa 5'30'' contro i 14' abbondanti dei precedenti cambi attrezzatura. Questo significa una riduzione del 60% del tempo rispetto alla precedente procedura.

È da considerare inoltre il periodo di ritorno dell'investimento effettuato nell'attrezzatura.

Ad ogni set up si risparmiano 8'30'' che possono essere utilizzati proficuamente nella produzione di beni. Considerando che la macchina, dai dati storici relativi a tutto l'anno 2007, effettua una media di 22 set up alla settimana e che un'ora di produzione rende in media all'azienda 120 € è facilmente calcolabile il periodo di tempo nel quale l'investimento di 659,5€ effettuato sarà compensato dalla maggiore produzione resa possibile dalla diminuzione del tempo di attrezzamento.

$$BEP = \left[ \frac{659,5 \text{ €}}{\frac{8,5 \text{ min} \times 120 \text{ €/h}}{60 \text{ min}}} \right] = 39 \text{ setup}$$

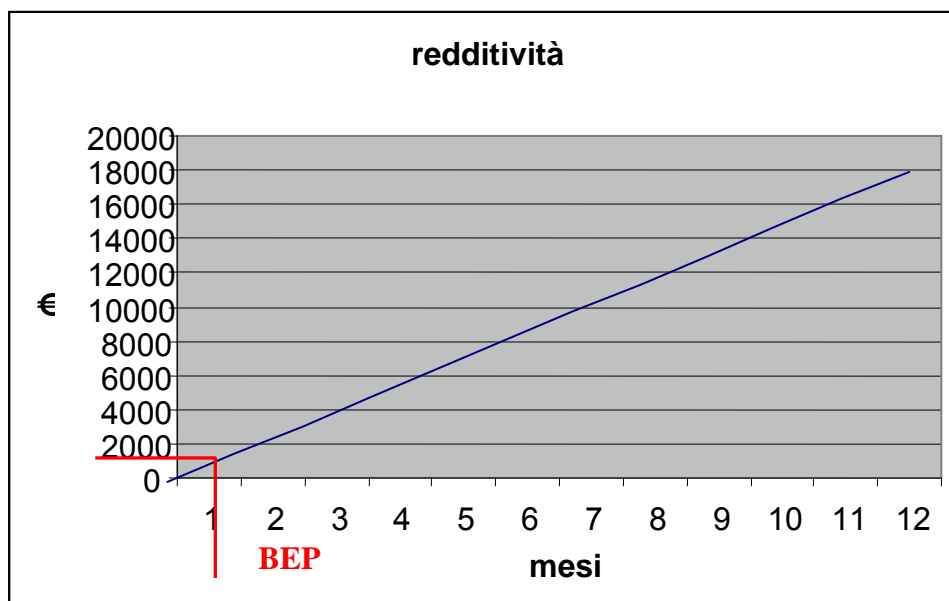
$$BEP = \frac{39 \text{ setup}}{22 \text{ setup / settimana}} = 1,8 \text{ settimane}$$

Trascorso questo periodo di tempo per ogni set up effettuato si avranno a disposizione 8,5 minuti di produzione. Considerando che la macchina lavora su un unico turno di 8 ore la settimana per un totale di 40 ore il tempo produttivo in più sarà pari a:

$$\text{Ore lavorazione} = 40 - \frac{14 \times 22}{60} = 34,86 \text{ h}$$

$$\text{Ore lavorazione}_{\text{smad}} = 40 - \frac{5,5 \times 22}{60} = 37,98 \text{ h}$$

$$\Delta \text{ produttività} = \frac{37,98}{34,86} = +9\%$$



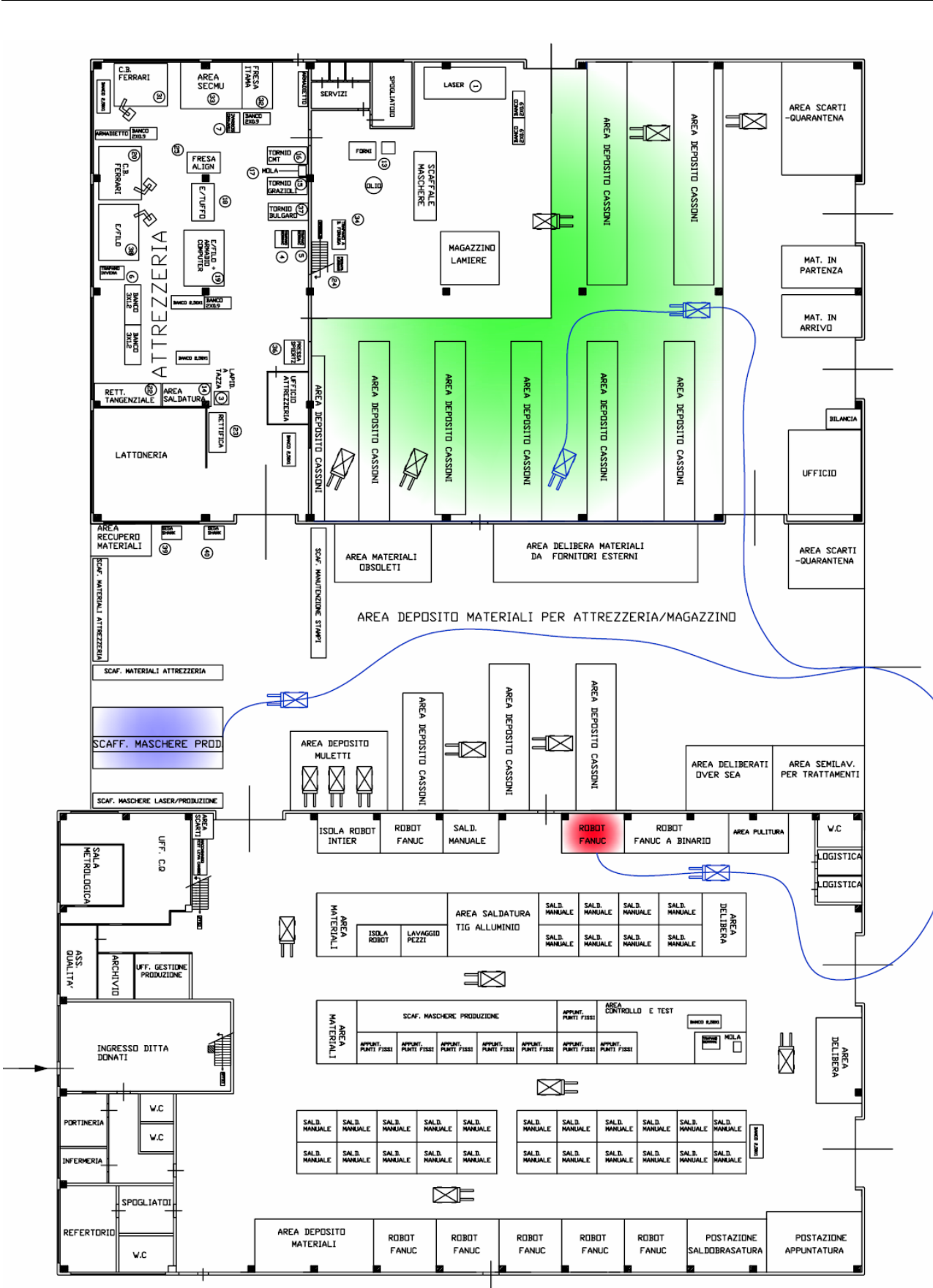
### **3.2 Stazione saldatura automatizzata (Technogym)**

Una sotto parte del reparto di saldatura è interamente riservata alla produzione di telai e accessori per macchine da fitness Technogym composta da:

- una stazione robotizzata di saldatura su binario per la produzione dei telai più ingombranti
- un'area di pulitura in cui vengono effettuate operazioni di sbavatura e lucidatura e
- una stazione asservita da un robot antropomorfo a 6 assi prodotto da Fanuc che sarà oggetto dello studio dei tempi e metodi con cui avvengono i set up.

Questo sotto reparto, pur non essendo fisicamente separato dalle restanti stazioni di saldatura, di fatto è completamente autonomo e indipendente dal reparto di saldatura dove si realizzano invece prevalentemente cavalletti, telai motociclistici e altri componenti meno complessi. Sfortunatamente non esiste una figura di caporeparto che possa fare da intermediario tra il responsabile della produzione e gli operai; questo compito, in maniera meno formalizzata, è però assolto da un addetto esperto che lavora da diversi anni all'interno dell'azienda. Non esiste un mulettista dedicato al reparto: per la movimentazione dei contenitori si deve aspettare che ci sia un carrello elevatore disponibile e un operatore deve lasciare la sua postazione per provvedere al prelievo dei contenitori in magazzino, al trasporto a bordo macchina, alla sistemazione e al deposito dei contenitori con i prodotti finiti. Come si nota dalla Figura 3-11 il magazzino è situato nel capannone adiacente perciò per prelevare i contenitori con i componenti necessari alla successiva lavorazione, in media 5-6, si dovranno fare almeno 3 viaggi tra il magazzino e il reparto. Inoltre, all'interno del magazzino si dovrà spendere altro tempo per ricercare i cassoni che sono impilati lungo i corridoi. Nella pratica quotidiana la maggior parte delle volte si cerca di fare compiere questa operazione ai magazzinieri che avendo ricevuto la lista del materiale necessario lo prelevano e preparano all'ingresso del magazzino.

La stazione di saldatura che verrà analizzata dispone di un banco girevole con interposto uno schermo di riparazione che consente all'operatore di caricare e posizionare i pezzi da saldare sull'attrezzatura, detta maschera, fissata ad una tavola standardizzata assicurata a due bracci che ne consentono la rotazione, mentre il robot sta lavorando. Quando il robot termina una fase l'operatore dà il consenso alla rotazione del banco, il robot continua la lavorazione sul pezzo predisposto dall'operatore che provvede alla modifica o allo scarico del pezzo appena lavorato. Infatti una lavorazione si compone di molte fasi ed è quindi necessario svolgerle successivamente assemblando progressivamente i pezzi da congiungere in modo da consentire un raggiungimento più agevole da parte della testa del robot delle zone da saldare.



**Figura 3-11: percorso per prelevare cassoni e maschere**

Lo stesso problema di movimentazione descritto precedentemente per la movimentazione dei contenitori si ripresenta anche per le tavole su cui sono fissate le maschere di saldatura: queste vanno smontate e trasportate con un carrello a forche fino allo scaffale dedicato che si trova nell'area coperta esterna (vedi Figura 3-11). Non ci si può permettere di urtare le maschere durante questa operazione, che risulta essere molto delicata, per non pregiudicare le tolleranze nell'unione dei pezzi.



**Figura 3-12: stazione di saldatura robotizzata. In primo piano i bracci che sostengono la tavola e ne permettono la rotazione**

### ***3.2.1 Fase preliminare: Organizzare, osservare, registrare***

Si sono già accennate le principali fasi in cui si sviluppa il processo di set up della macchina. In questo paragrafo entreremo nel dettaglio di ogni fase scomponendola in operazioni e procedendo alla loro descrizione e tempificazione. Si possono da subito individuare tre macro fasi che compongono il set up: la prima riguarda la sostituzione delle maschere di saldatura, la seconda il



prelievo dei contenitori con il materiale per la lavorazione e il deposito di quelli non più necessari, la terza il set up del robot e l'avvio del programma di lavorazione. Mentre la durata della prima fase può essere considerata indipendente dalla particolare combinazione di set up, la seconda dipende dal numero di contenitori da movimentare (quindi dal numero di componenti che formano l'articolo in lavorazione dato che ogni componente è immagazzinato in un diverso contenitore) e la terza dal numero di fasi necessarie prima di poter avere un pezzo completo.

tempo progr.	# fase	durata fase	%	descrizione
03:30	1	03:30	12,5	smontaggio tavola 1 e deposito su pallet
06:30	2	03:00	10,7	prelievo nuova maschera
08:20	3	01:50	6,6	montaggio maschera e fissaggio
11:10	4	02:50	10,1	smontaggio e deposito tavola 2
13:10	5	02:00	7,2	prelievo nuova maschera dal pallet e deposito su robot
14:10	6	01:00	3,6	Montaggio tavola e serraggio dadi
15:40	7	01:30	5,4	set-up robot
21:15	8	05:35	20,0	spostamento cassoni
27:55	9	06:40	23,9	carico dai cassoni e avvicinamento carrello con i pezzi

**Tabella 3-8: tempificazione delle operazioni di set up (solo a bordo macchina)**

#### Fase 1: smontaggio tavola 1 e deposito su pallet

L'operatore provvede a svitare i dadi che bloccano la tavola con la maschera dai supporti sui bracci rotanti. Quindi con l'ausilio del carrello a forche solleva la tavola e la deposita su un pallet.

#### Fase 2: prelievo nuova maschera

Con il muletto si preleva la prima delle due maschere identiche posizionate su di un pallet e si avvicina alla stazione. A causa degli spazi ristretti a bordo macchina e della larghezza dei corridoi non è possibile depositare direttamente il pallet vicino alla macchina. L'unica zona che garantisce uno spazio sufficiente per le manovre è a inizio corridoio, vicino all'ingresso del capannone.

#### Fase 3: montaggio maschera e fissaggio

Questa operazione è molto delicata poiché l'operatore deve depositare con il carrello a forche la maschera in modo da far combaciare il perno sui bracci della stazione con i fori di

riferimento posti alle estremità della maschera. Non avendo riferimenti chiari né una persona a bordo macchina che indichi gli aggiustamenti da fare per il corretto inserimento, spesso l'operatore deve scendere dal carrello per capire in che direzione muovere le forche per completare l'inserimento. Una volta completata questa fase si blocca la tavola con il serraggio di 4 bulloni.

**Fase 4/5/6: cambio tavola 2**

Dopo aver fatto ruotare la postazione di lavoro si ripetono le fasi precedentemente descritte(1,2,3) per la maschera 2. Al termine il pallet con le 2 maschere già utilizzato viene accantonato all'ingresso del capannone.

**Fase 7: set-up robot**

L'operatore si reca accanto al terminale di controllo del robot e richiama tramite il comando pendant i parametri per la lavorazione.

**Fase 8: spostamento cassoni**

L'operatore provvede a portare via i cassoni che contengono particolari non necessari alla lavorazione, quelli contenenti i prodotti finiti e dispone a bordo macchina quelli richiesti dalla produzione successiva. In questa fase possono essere movimentati anche più di 10 cassoni, il che allunga di molto il tempo totale di set up.

**Fase 9: carico dai cassoni e avvicinamento carrello con i pezzi**

Prima di avviare il programma del robot e sistemare i primi pezzi sulla maschera l'operatore solitamente carica una ventina di pezzi per ogni componente su un carrello mobile che pone a lato della cella in modo da avere sotto mano tutti i componenti necessari ad effettuare una ventina di prodotti finiti ed evitare molti movimenti ad ogni rotazione della tavola di saldatura per prelevare i componenti dai contenitori a bordo macchina.

### ***3.2.2 Fase 1: Operazioni interne ed esterne***

Tutte le operazioni descritte attualmente sono svolte a macchina ferma sono cioè operazioni interne. Nella rilevazione dei tempi sopra indicata è da considerare che la movimentazione dei contenitori e delle tavole di mascheraggio non è effettuata completamente ma solamente fino all'ingresso del reparto dove vengono depositate temporaneamente. Il trasporto fino al magazzino avviene in un secondo momento o a fine turno ma non può essere considerata un'operazione esterna poiché se l'operatore è impegnato nella movimentazione necessariamente non può essere a bordo macchina. Non esiste una stretta formalizzazione dei compiti né un mansionario che indichi con precisione chi

deve svolgere determinate funzioni quindi l'organizzazione è lasciata nelle mani di chi fa le veci del capo reparto che nel momento in cui ha una persona a disposizione demanda l'incarico altrimenti lo svolge lui personalmente. Considerando il tempo totale dedicato al set up come tempo pezzo-pezzo, cioè come l'intervallo di tempo trascorso tra l'ultimo pezzo prodotto e il primo lavorato del nuovo lotto, comprensivo di tutte le movimentazioni (antecedenti e a posteriori del set-up effettuato a bordo macchina), il quadro che si prospetta è il seguente:

tempo progr	# fase	durata fase	%	descrizione
0.13.00	1	13:00	20,2	avvicinamento cassoni e tavole
0.28.40	2	15:40	24,3	cambio tavola e set up robot
0.34.15	3	05:35	8,7	spostamento cassoni
0.40.55	4	06:40	10,3	carico carrello con i pezzi
0.50.55	5	10:00	15,5	deposito cassoni e tavole
1.04.25	6	13:30	21,0	avviamento macchina e $\Delta T$ lavorazione primo pezzo
		28.35	44,4	totale movimentazioni

**Tabella 3-9: tempificazione del set up completo**

La fase 6 comprende il tempo di set up del robot e il  $\Delta T$  dovuto alla lavorazione del primo pezzo poiché l'operatore deve manualmente far saltare alcune fasi di lavorazione al robot per sincronizzare le fasi di lavorazione sulla tavola 1 e 2 e portare così la lavorazione a regime.

Inoltre, come messo in evidenza sulla tabella, il tempo dedicato alle movimentazioni di materiale e attrezzature coprono quasi il 50% del tempo totale richiesto dall'attrezzaggio. Già questa situazione è insostenibile da un punto di vista di Lean Thinking e di applicazione S.M.E.D. ma è aggravata dal fatto che tutte le movimentazioni sono interne. Nella prossima fase si cercherà di convertire le operazioni interne in esterne al fine di ridurre i tempi globali di set-up.

### **3.2.3 Fase 2: Conversione da attrezzamento interno ad attrezzamento esterno**

Tutte le fasi descritte nel precedente paragrafo sono svolte internamente; come prescritto dalla seconda fase di applicazione della metodologia S.M.E.D. si cercherà di ridurre e possibilmente eliminare le operazioni interne e convertirle in esterne. Il primo punto su cui ci si è focalizzati è la

movimentazione dei contenitori: si è detto del tempo speso in questa operazione ma non si è descritta la frequenza con cui avviene il cambio di lavorazione.

La stazione di saldatura effettua lavorazioni di componenti formati anche da 6-7 parti in lotti raramente superiori a 60 unità. Da queste considerazioni nasce il problema produttivo che associa un lungo set up a un lotto di dimensioni ridotte aumentando in questo modo l'incisione del tempo di attrezzamento sul singolo pezzo. Di seguito è riportata una tabella sintetica della produzione mensile (che quindi può riguardare più lotti di produzione) riferita allo scorso anno in cui sono riportati i dati riferiti solo ai codici ancora in produzione.

Poiché alcuni componenti sono comuni alla produzione di diversi codici, questi sono stati identificati e segnalati in tabella: in particolare Q indica un quadrello su cui è riportata il numero di matricola della macchina mentre B indica una boccola. Il numero totale di set up nell'anno 2007 per i codici analizzati è stato di 106 ed è proprio su questi settaggi che si andrà ad operare.

L'idea di base è quella di agire in primis sulle movimentazioni, non solo quelle che avvengono con l'ausilio del muletto per il trasporto dei cassoni, ma anche quelle che effettua l'operatore per prelevare i pezzi dai cassoni e disporli sulla maschera di saldatura. Questo problema è rilevante ed è stato già affrontato in modo autonomo dagli operatori che attualmente utilizzano un carrello sul quale dispongono i pezzi, dopo averli prelevati dai contenitori, necessari per completare una ventina di prodotti. In questo modo evitano di prelevare ogni componente singolarmente dai cassoni disposti accanto alla macchina risparmiando tempo ed energie. Grazie però all'applicazione dei principi del metodo S.M.E.D. si vuole creare un approccio sistematico al problema degli spostamenti del materiale e degli operatori in modo da economizzare energie e tempo.

Innanzitutto è necessario analizzare in modo particolareggiato i difetti riscontrati nell'attuale gestione: in questa fase assume rilevante importanza l'esperienza dell'operatore oltre alle registrazioni effettuate. Da questo scambio di opinioni è scaturito che:

- Si movimentano cassoni pieni di materiale anche per produrre piccoli lotti di 30 pezzi
- Lo spazio a bordo macchina è molto limitato
- Il tempo speso per spostare il materiale dai cassoni al carrello non è comunque trascurabile

La soluzione proposta è quindi quella di poter avere a bordo macchina un unico contenitore che chiameremo contenitore kit che abbia al suo interno, ben divisi e riconoscibili, tutti i componenti per il prodotto finale. Utilizzando questo accorgimento inoltre si tende a ridurre la scorta a magazzino di materiale in quanto il kit può ospitare ed è progettato per contenere un numero di componenti sufficiente a coprire all'incirca la produzione di un mese.

cod articolo	descr articolo	num comp	$\Sigma$ genn-ott	set-up	max mese	$\mu$ mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	lotto medio
1D001948AA	Flangia Di Posizionamento	2+B	764	9	258	128		57		165		66	155		66	258	85
1D002155AD	Leva Per Rullo Fisso	4+Q	542	11	150	96	79	56			150	40	143		86	120	49
1D002181AA	Telaio Seduta	6	1322	14	286	163	117	134	33	211	177	177	187		286	141	94
1D002222AA	Grp.Rotazione Leva	3	953	10	178	108	85	93		108			93		90	178	95
1D002227AD	Leva	5+Q	363	9	100	52		21	50	100			75	23	41	55	40
1D002230AA	Leva	4	295	4	97	59		16	97				51		60	70	74
1D002236AB	Flangia	2+B	395	4	145	79	48		52			93	57		145		99
1D002245AA	Flangia Di Posizionamento	2+B	675	8	180	113		96		100		50	154		95	180	84
1D002246AE	Leva x Rullo Fisso	6+Q	579	11	137	61	32	52		70	13	137	60	25	107	53	53
1D002256AC	Leva	7	519	10	99	65	55	14	77		58	99	70		80	66	52
1D002287AA	Gruppo Rotazione Leva	3	665	8	133	72		32	58	133		68	70		91	50	83
1D002313AA	Flangia Di Posizionamento	3	242	4	60	46	8		52	50			54		60	50	61
1D002314AA	Grp Rotazione Leva	3	232	4	94	47			35		45	30	31		94		58

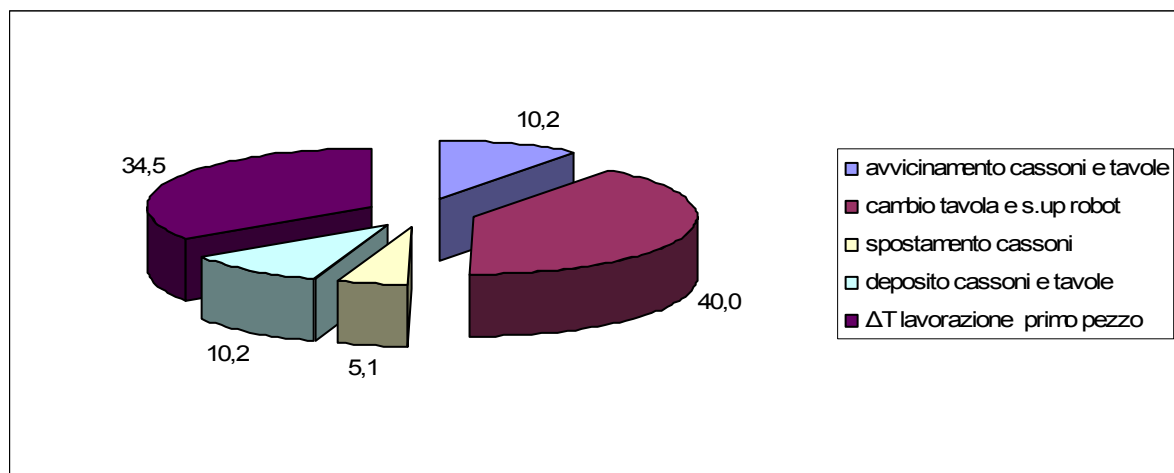
Tabella 3-10: produzione anno 2007 technogym

In questo modo i tempi per la movimentazione si riducono drasticamente poiché si preleva e deposita un unico contenitore invece che circa 6 per ogni set up. Ad una prima analisi le fasi necessarie a completare il set up si possono descrivere nel modo seguente:

tempo progr	# fase	durata fase	%	descrizione
04:00	1	04:00	10,2	avvicinamento cassoni e tavole
19:40	2	15:40	40,0	cambio tavola e set up robot
21:40	3	02:00	5,1	spostamento cassoni
25:40	4	04:00	10,2	deposito cassoni e tavole
39:10	5	13:30	34,5	$\Delta T$ lavorazione primo pezzo

10:00	25,5	totale movimentazioni
-------	------	-----------------------

**Tabella 3-11: tempificazione fasi dopo applicazione Smed**



**Figura 3-13: incidenza delle singole fasi sul set up totale**

Come si può notare dalla tabella sopra riportata viene eliminata la fase di spostamento dei pezzi sul carrello (ex fase 4) in quanto ora sono disponibili direttamente tutti a bordo macchina e i tempi di movimentazione vengono ridotti da 28'35'' a 10'00'' il che equivale ad una riduzione percentuale del 65% anche se avendo ridotto il tempo totale di set up l'incidenza delle movimentazioni risulta essere del 25,5% (rispetto al 56% precedente).

Solo grazie a questo accorgimento il tempo totale di set up si è quasi dimezzato pur essendo ancora lontano dall'obiettivo di poterlo esprimere in minuti con una sola cifra ma del resto uno dei cardini della metodologia S.M.E.D. è la gradualità degli interventi.

Mostrati i risultati attesi dall'adozione della soluzione dei cassoni-kit bisogna ora concentrarsi su come attuare la proposta trovando il metodo più idoneo, i mezzi e le risorse per realizzarla.

Si può procedere in diversi modi ma l'obiettivo finale è quello di avere a disposizione al momento opportuno cioè poco prima dell'inizio del set-up un unico contenitore con tutto il necessario per poter produrre il lotto. Sostanzialmente il kit può essere formato:

- a) Direttamente all'arrivo del materiale in magazzino: i magazzinieri hanno una lista dei codici che fanno parte dei kit e alla loro consegna in magazzino da parte del fornitore li posizionano direttamente all'interno del cassone assegnato. Ciò però non è una operazione semplice perché l'arrivo del materiale non avviene tutto allo stesso istante perciò si dovrà prelevare e depositare il cassone-kit più volte prima che sia completo. Nasce anche un'altra difficoltà di tipo prettamente gestionale che riguarda il sistema informatico del magazzino che deve essere in grado di riconoscere quali codici sono presenti all'interno del kit e in quali quantità nel periodo transitorio in cui il kit è ancora incompleto. Per contro si eliminano dal magazzino un numero di contenitori stoccati pari a  $\sum_{i=1}^k (N_i - 1)$  dove con  $N$  si indicano i componenti della distinta base del  $k$ -esimo prodotto avente un kit.
- b) In un secondo momento e comunque prima che avvenga il cambio di produzione: in questo caso il responsabile del reparto avverte con un certo anticipo i magazzinieri (o chi per loro) della necessità di cambiare produzione e fornisce l'elenco del materiale e delle quantità da inserire nel cassone kit. Il quantitativo richiesto viene prelevato dai singoli cassoni presenti in magazzino, viene aggiornata la loro capacità sul software di gestione e vengono riposizionati nei corridoi del magazzino. Con questo metodo non si riducono i contenitori circolanti, non si creano problemi di gestione dei codici né devono essere apportate modifiche al programma di gestione del magazzino.
- c) Seguendo una soluzione ibrida rispetto alle due presentate finora che considera il fatto che molti componenti formanti la distinta base di un kit vengono approvvigionati dallo stesso fornitore. Coinvolgendo il fornitore si può procedere ad un'aggregazione che consenta di gestire i codici di uno stesso fornitore che compongono un solo prodotto come un unico

elemento. Così facendo si sgrava del lavoro a chi dovrà poi finire di comporre il kit, si riduce il numero di cassoni circolanti e non si operano modifiche sostanziali nel software gestionale tranne che nelle distinte basi dove per il kit YYY non comparirà più un elenco ad esempio formato dai codici AA, BB, CC, DD ma AA, KK dove KK è un nuovo codice che comprende i componenti BB, CC e DD che vengono forniti insieme dal solito fornitore in uno stesso e idoneo contenitore.

Di seguito si riportano in forma schematica vantaggi e svantaggi dei tre metodi proposti:

	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
a)	Elevata riduzione cassoni stoccati Disponibilità immediata del kit Tempo formazione kit basso	Difficoltà aggiornamento del contenuto del kit quando è incompleto (su software)
b)	Nessuna modifica software Nessuna modifica codici	Richiesta anticipata per la formazione del kit Tempo x formazione kit elevato
c)	Tempo formazione kit molto basso Riduzione cassoni circolanti	Necessario coinvolgere anche i fornitori

**Tabella 3-12: comparazione tra diversi modi di formazione del kit**

Nella tabelle seguenti si riportano le distinte basi dei codici interessati alla formazione del kit. Non compaiono i codici 2127 e 12801 che corrispondono alla boccola (B) e al quadrello (Q) già menzionati che, essendo comuni a più codici ed essendo di dimensioni ridotte, possono essere tenute direttamente a bordo macchina. Tutti i codici figli appartenenti allo stesso padre e aventi lo stesso fornitore sono stati riuniti in un unico nuovo codice.

<b>codice padre</b>	<b>codice figlio</b>	<b>descrizione</b>	<b>fornitore</b>	<b>nuovo cod.</b>
---------------------	----------------------	--------------------	------------------	-------------------

1D002155AD	E001836	BOCCOLA PIANTATA 13355+13375	MAZZIERI	2679
	E0T012797AA	MOZZO	MAZZIERI	
	E0T013354AB	TUBO LEVA	RECA	

1D002222AA 1D002287AA	A2159	PIATTO TIMBRATO	FILISIDER	
	E001877	BOCCOLA CON P.I. 582+12806	MAZZIERI	



<i>codice padre</i>	<i>codice figlio</i>	<i>descrizione</i>	<i>fornitore</i>	<i>nuovo cod.</i>
1D002227AD				
	E001890	BOCCOLA PANTATA	MAZZIERI	2680
	E0T013475AA	BOCCOLA	MAZZIERI	
	E0T013484AA	PIATTO	MAZZIERI	
	E0T013476AA	TUBO LEVA LUNGO	FILISIDER	
1D002230AA				
	E0T013470AA	TUBOLARE	FILISIDER	2681
	E0T013471AA	TUBOLARE	FILISIDER	
	E0T013472AA	BOCCOLA	MAZZIERI	2682
	E0T013580AA	DISCO DI BATTUTA	MAZZIERI	
1D002246AE				
	E001836	BOCCOLA PANTATA 13355+13375	MAZZIERI	2683
	E0T012797AA	MOZZO	MAZZIERI	
	E0T013580AA	DISCO DI BATTUTA	MAZZIERI	
	E0T013579AC	TUBO	ALTRO	
	L0T015603AC	TUBO LEVA	LASER/EST.	
1D002256AC				
	0T013558AA	TUBO	CMP	2684
	A2125	PIATTO TIMBRATO	GIOLI	
	E0T013609AA	PIATTO	GIOLI	
	E0T013618AA	TUBO LEVA LUNGO	RECA	
	E001981	BOCCOLA PANTATA 13617+13814	MAZZIERI	2685
	E0T014128AA	PIATTO	MAZZIERI	
	E0T015207AA	DISCO DI BATTUTA	MAZZIERI	
1D002313AA				
	E0T013860AA	DISCO	GIOLI	2686
	E0T013940AA	ATTACCO PER CAMMA	GIOLI	
	E0T013948AA	BOCCOLA	MAZZIERI	
1D002314AA				
	A2126	LAMIERA TIMBRATA	FILISIDER	
	E001885	BOCCOLA PANTATA 678+13947	MAZZIERI	

Tabella 3-13: descrizione distinta base e nuovi codici

Per quanto riguarda i codici riportati di seguito, questi non hanno bisogno di essere formati internamente all'azienda perché sono composti da pochi elementi prodotti dallo stesso fornitore che

quindi riunirà i componenti in un solo contenitore il kit che sarà consegnato già completo direttamente al magazzino.

<i>codice padre</i>	<i>codice figlio</i>	<i>descrizione</i>	<i>fornitore</i>	<i>nuovo cod.</i>
1D001948AA	E0T012800AA	DISCO	GIOLI	2676
	E0T012820AA	PIATTO BATTUTA	GIOLI	
1D002236AB	E0T013609AA	PIATTO	GIOLI	2677
	E0T013624AA	PIATTO	GIOLI	
1D002245AA	E0T013578AA	DISCO	GIOLI	2678
	E0T013607AA	PIATTO DI BATTUTA	GIOLI	

**Tabella 3-14: kit che arrivano già formati dal fornitore**

Un caso a parte riguarda invece il codice 1D002181AA (telaio di seduta) poiché risulta essere il più ingombrante e allo stesso tempo quello con la maggiore produzione media mensile. Anche utilizzando per il kit il cassone più grande disponibile si potrebbero stivare componenti per la produzione di una ventina di elementi. A questo si aggiunge il fatto che i fornitori in causa sono 4 diversi e che i tubi e i componenti che lo formano hanno un elevato ingombro. Si analizzerà quindi separatamente la gestione di questo codice.

1D002181AA	0T013346AA	TUBO SCHIENALE	CMP
	0T013347AA	TONDO MANIGLIE PIEGATO	RECA
	A2129	LAMIERA SEDUTA TIMBRATA	GIOLI
	E0T013348AA	BOCCOLA SEDUTA	MAZZIERI
	E0T013430AA	ANGOLARE FINITO	GIOLI
	E0T014157AA	BOCCOLA FILETTATA	MAZZIERI

**Tabella 3-15: distinta base articolo 2181**

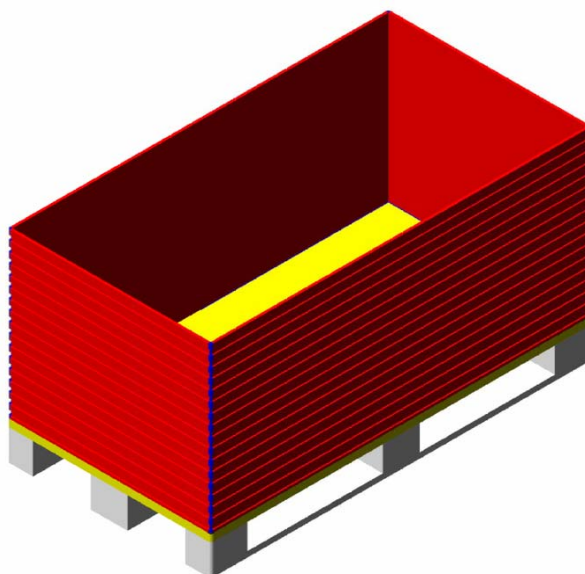
Per ottenere i benefici derivanti da avere in ingresso materiale già accorpato in un unico contenitore è necessario una integrazione con i fornitori che devono essere d'accordo con il cambio di metodo di spedizione; inoltre sono da considerare attentamente i seguenti aspetti chiave:

- Rapporto con i fornitori: è bene sottolineare che i rapporti instaurati con i fornitori menzionati sono di lungo periodo e che possono essere considerati come partner quindi è da

escludere che per vari motivi la produzione dei componenti sopra elencati possa avvenire nei prossimi anni da parte di un altro fornitore.

- Omogeneità del kit: È fondamentale che il kit sia omogeneo dal punto di vista del numero di pezzi stoccati per ogni componente: questo prevede un lavoro da parte della gestione della produzione e degli ordini che deve superare la logica del lotto di riordino a favore di un ordine dei pezzi che sono necessari a raggiungere il livello prefissato che è pari alla produzione stimata per il periodo successivo più un eventuale maggiorazione di sicurezza. Il kit deve poter essere considerato come un'unica entità e nel caso in cui il livello dei componenti non sia uguale la massima produzione è determinata dal quantitativo minore tra quelli dei componenti stoccati. Oltre ad essere una complicazione dal punto di vista gestionale lo sfasamento dei livelli è anche un'immobilizzazione inutile che l'azienda si accolla.
- Disposizione interna e formazione: si deve analizzare attentamente la disposizione dei pezzi all'interno dei cassoni al fine di valutarne la loro capacità massima e verificare che sia maggiore della produzione massima stimata per il mese. Occorre quindi definire attentamente a priori la disposizione dei pezzi all'interno del cassone per evitare successivi rimaneggiamenti. Poiché risulta oneroso per i componenti formanti i codici in oggetto il ricondizionamento interno e all'arrivo della merce, è necessario ridurre il più possibile il travaso di materiale dai cassoni/ pallet di arrivo al kit di produzione. In particolare si è visto come per i codici dove il fornitore di tutti i componenti è il medesimo il completamento del kit avviene direttamente da parte del fornitore; nel caso in cui il fornitore di tutti i componenti non sia unico ma ne esista uno che produce la maggior parte dei pezzi si affiderà a lui la formazione del kit, cioè disporrà i suoi prodotti nel cassone che una volta consegnato in azienda verrà completato con i componenti rimanenti consegnati da altri fornitori. Infine se tutti i componenti vengono prodotti da fornitori diversi si affiderà il cassone kit a quello che produce il componente più ingombrante o comunque più difficilmente travasabile in modo da eliminare lo spostamento più oneroso.

I cassoni utilizzati normalmente in azienda sono di materiale metallico, impilabili e trasportabili con un carrello a forche.



**Figura 3-14: cassone metallico 451448**

I cassoni a disposizione sono riportati nella seguente tabella ed i più utilizzati per i kit sono quelli maggiormente capienti, aventi altezza interna di 600mm cioè il contenitore 451434 (Small) e il 451448 (Large).

Codice interno	Lunghezza	Profondità	Altezza
451434	1000 (980)	800 (780)	800 (600)
451435	1000 (980)	800 (780)	550 (350)
451448	1500 (1480)	800 (780)	800 (600)

La casistica specifica riguardante le dimensioni del cassone kit e chi lo forma o gestisce è riportata nella Tabella 3-16 . A chi gestisce il cassone kit verrà inviato un documento che riporta chiaramente le indicazioni per disporre il materiale all'interno del contenitore, le stesse indicazioni verranno fornite anche all'operatore che si occupa di formare il kit internamente all'azienda.

È bene che il kit sia formato di pari passo con l'arrivo della merce anche se ciò comporta il fatto che le consegne siano puntuali e che chi gestisce il cassone non abbia ritardi nella fornitura. Questo passo non è facilmente raggiungibile nella prima fase di applicazione ma è da considerarsi comunque importante nel contribuire allo snellimento delle operazioni di movimentazione interne al magazzino.

codice	tipo cassone	capacità max	Formazione kit - note
--------	--------------	--------------	-----------------------

1D001948AA	Small	400	Gioli (già completo)
1D002155AD	Large	150	Mazzieri
1D002222AA	Small	350	Kit insieme a 1D002287AA - Mazzieri
1D002227AD	Small	150	Mazzieri
1D002230AA	Small	200	Filisider
1D002236AB	Small	400	Gioli (già completo)
1D002245AA	Small	400	Gioli (già completo)
1D002246AE	Large	70	Mazzieri NB: Ultimo componente da depositare (15603AC (Reca/laser))
1D002256AC	Large	100	Reca
1D002287AA	-	-	Vedi 1D002222AA
1D002313AA	Small	180	Gioli
1D002314AA	Small	100	Mazzieri

Tabella 3-16: composizione kit

### 3.2.4 Fase 3: Semplificazione delle operazioni di set up

Riassumendo quello che si è detto finora tutti i codici menzionati vengono gestiti come un kit in un unico contenitore che si completa man mano con tutti i componenti della distinta base. Questo in una prima fase di attuazione può avvenire su indicazione della produzione poco prima del cambio attrezzatura ma successivamente direttamente all'arrivo del materiale che viene incluso nel kit.

Una considerazione a parte va fatta per il codice 1D002181AA, composto da 6 elementi di notevole ingombro, prodotti da 4 diversi fornitori e con una domanda media mensile molto alta. Queste caratteristiche non permettono di gestire il codice come tutti gli altri: oltre ai problemi di formazione del kit, questo potrebbe contenere una ventina di pezzi mentre la domanda è molto superiore: del resto formare più cassoni kit farebbe perdere i benefici in termini di tempo e movimentazioni risparmiate. È necessario quindi escogitare una soluzione ad hoc che permetta di raggiungere gli stessi obiettivi pur utilizzando strumenti diversi. La soluzione individuata è quella di formare un kit del tutto analogo a quello descritto in precedenza ma di dimensioni molto ridotte e tali da poter coprire solamente il tempo necessario alla movimentazione di tutti i contenitori a bordo macchina, come avviene attualmente, da parte di un operatore esterno. Questo consente di mettere in grado la macchina di produrre appena terminata la fase di cambio delle maschere mentre in ombra avviene la movimentazione dei contenitori vecchi e nuovi. Il kit, che chiameremo “kit di avviamento” per distinguerlo dagli altri, sostanzialmente ha la funzione di buffer e per tale motivo dovrà essere sempre disponibile: alla fine della lavorazione l'operatore che asserva la macchina

deve provvedere al riempimento del kit con i pezzi necessari che preleva direttamente dai contenitori che ha a bordo macchina aggiornandone quindi le capacità.

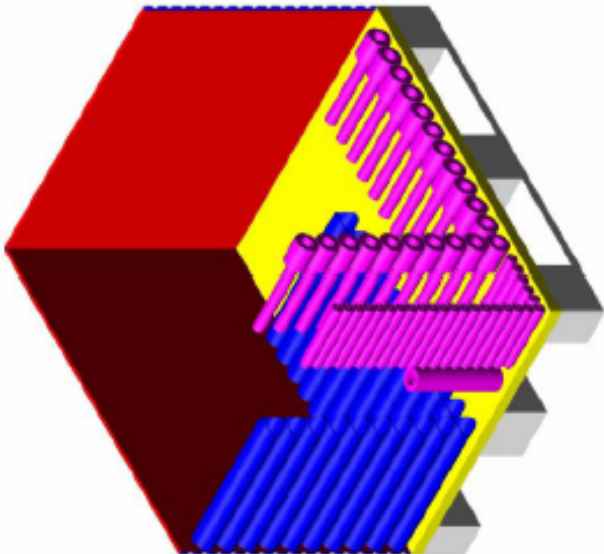
Descriviamo la procedura da seguire per l'operatore se il cambio di produzione coinvolge l'articolo 1D002181AA:


- Prelievo del kit di avviamento.
- Prelievo a magazzino della tavola di mascheraggio relativa.
- Smontaggio e deposito della maschera della precedente lavorazione.
- Set up e avviamento lavorazione (nel frattempo un altro operatore provvede al prelievo dei cassoni a bordo macchina e all'avvicinamento di quelli per la nuova lavorazione).

La necessità di avere un operatore jolly che aiuti durante il cambio della produzione si rende indispensabile non solo per effettuare operazioni in ombra ma anche per collaborare allo svolgere di operazioni in parallelo a bordo macchina. Un esempio è la delicata fase di posizionamento della maschera sui bracci di sostegno della stazione robotizzata in quanto chi provvede al posizionamento della maschera con il muletto non ha la visibilità sufficiente per individuare con chiarezza i perni di riferimento per il posizionamento. Nelle altre stazioni di saldatura invece l'operazione di cambio maschera è effettuata da due persone che depositano la tavola dalle forche del muletto ad un carrello che consente di avvicinarsi il più possibile alle braccia di sostegno e da lì la sollevano e la posizionano manualmente sulle spine di riferimento.

### ***3.2.5 Fase 4: Documentazione del nuovo processo***

Il processo di formazione del kit prevede l'ausilio di una carta procedurale (Figura 3-15) che indichi la composizione dei contenitori e la disposizione dei pezzi al loro interno. Presso l'area di arrivo della merce sarà disponibile un raccoglitore con le schede per la formazione di ciascun kit in cui oltre alla descrizione dei componenti che devono essere inseriti sono indicati anche il posizionamento, la capacità massima del cassone e alcune note aggiuntive come l'ordine di inserimento dei componenti. La realizzazione dei kit almeno in questa prima fase riesce a ridurre del 40% i tempi di set up ma per raggiungere l'obiettivo di un cambio attrezzatura che impieghi meno di dieci minuti è necessario analizzare nuovamente la situazione una volta portate a regime le modifiche e soffermarsi su quelli che saranno individuati come punti critici. Sicuramente grande attenzione andrà riposta nelle movimentazioni interne, nell'adozione di sistemi più rapidi di bloccaggio della tavola che possano sostituire il sistema attuale formato da dado e bullone.

Istruzioni formazione KIT				
Codice kit	1D002227AD	Cassone utilizzato	451434 (Small)	Distinta base
		Capacità massima	120 pezzi	
<div><div><div>tubo 12476 12 file da 10</div><div><div><div>3 pile da 40</div><div>6 file da 20    12 file da 10 kit 2227 max 120 pz</div></div></div></div></div>		<div></div>		
		NUOVO COD 2680		
		E001890 BOCCOLA PIANTATA E0T013475AA BOCCOLA E0T013484AA PIATTO E0T013476AA TUBO LEVA LUNGO		
		Procedura: Aggiungere internamente il componente E0T013476AA.		






Figura 3-15: scheda per la formazione di un kit

Inoltre andrà semplificato il sistema di posizionamento della tavola nel caso in cui richieda ancora troppo tempo pur con l'ausilio introdotto in questa fase di un operatore jolly di supporto. Il metodo potrebbe essere quello di studiare un carrellino sicuramente meno ingombrante e più agile per il trasposto e il posizionamento della tavola nella stazione automatizzata al posto del muletto.

Infine si dovrà analizzare con attenzione la procedura attualmente adottata per la produzione del primo pezzo in quanto occorre più del doppio del tempo ciclo per compiere questa operazione. Questo è dovuto al fatto che non si può bloccare manualmente il robot per farlo passare da una fase di lavorazione all'altra ma è necessario fargli completare la lavorazione (a torcia spenta) anche se non sono ancora presenti i componenti da saldare sulla maschera.

### **3.2.6 Costi**

Come si è accennato nei precedenti paragrafi la riprogettazione delle operazioni di set up svolte in questa prima fase di implementazione della metodologia S.M.E.D. non prevede la realizzazione di manufatti, adattamenti delle macchine, investimenti in attrezzature ma solo una migliore gestione delle operazioni svolte dagli addetti e una riorganizzazione delle distinte basi che coinvolge alcuni codici. Questo è il giusto approccio al problema dei lunghi set up: trovare soluzioni a basso costo che permettano di risparmiare molto tempo; solo nelle ultime applicazioni del metodo si potrà ricorrere a strumenti tecnologicamente avanzati e innovativi per riuscire a ridurre ulteriormente fasi sulle quali non è più possibile intervenire in altri modi. Specificatamente il costo per questa prima applicazione è quello di un secondo operatore che forma i kit o il kit di avvio mentre la stazione di saldatura continua a lavorare: questo operatore si può trovare tra il personale all'interno dell'azienda senza ricorrere quindi ad un aumento dell'organico.

### **3.2.7 Risultati**

La stazione automatizzata di saldatura dedicata alla produzione dei telai per macchine da palestra technogym, durante l'analisi dei tempi e dei modi con cui si effettuava il cambio di produzione, si è dimostrata critica perché soggetta a molti cambi di attrezzatura effettuati da un unico operatore che doveva provvedere a tutte le operazioni, dal prelievo del materiale in magazzino al cambio della tavola di saldatura, alle impostazioni sul ciclo di lavorazione del robot. Dai dati rilevati nella produzione dello scorso anno i set up effettuati sulla macchina esclusivamente per i codici presi in



esame durante la trattazione in questa sezione sono stati 106 ognuno del quale ha richiesto in media una durata di 1h04'25''. In questo tempo la macchina è stata completamente ferma il che equivale a dire che si sono perse durante il tempo di apertura annuale dell'impianto quasi 114 ore di mancata produzione a causa dei set up. Con gli accorgimenti adottati in questa prima fase attuativa proposta della metodologia S.M.E.D. si può ridurre il tempo di attrezzaggio della macchina tramite essenzialmente la riorganizzazione delle fasi e della diminuzione delle movimentazioni di circa il 40% fino ad una media di 39'10''. Il risparmio in termini di tempo è di  $(1h04'25'' - 39'10'') \times 106 = 44h52'15''$ . Poiché il costo orario di mancata produzione per la stazione di saldatura è di 37 €/h significa risparmiare ogni anno 1660 € nel caso che la produzione rimanga identica a quella dell'anno scorso. Presumibilmente ottenendo condizioni sulla macchina che consentono una produzione più flessibile si incrementeranno il numero di set up cercando di produrre lotti di dimensioni minori in modo da diminuire le scorte a magazzino e continuare a soddisfare le richieste dei clienti. Per ogni set up effettuato si risparmiano rispetto all'anno scorso poco più di 15 €.

### **3.3 Saldatura cavalletti**

Come ultima applicazione pilota in azienda per l'introduzione dei concetti e della metodologia Single Minute Echange of Die si è scelto di studiare il processo produttivo del reparto saldatura, che risulta essere il più grande per volumi prodotti e per superficie occupata presente all'interno dello stabilimento. Poiché non è possibile analizzare in dettaglio tutte le macchine del reparto si è concentrata l'attenzione su alcune stazioni robotizzate per la produzione di cavalletti motociclistici, consci del fatto che le procedure utilizzate e i risultati raggiunti sono rappresentativi e possono essere adottati in tutto il reparto.

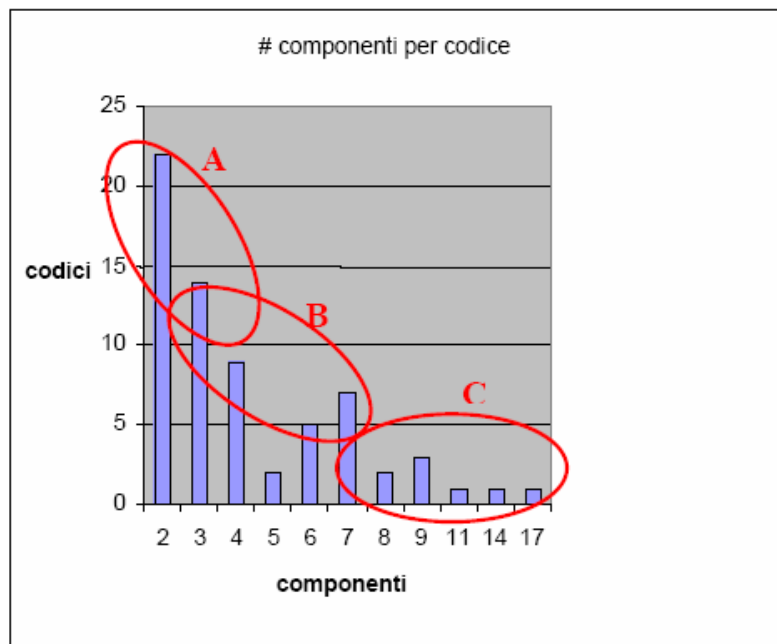
La stazione robotizzata di saldatura attualmente lavora un gran numero di diversi codici in grandi lotti. La produzione essenzialmente è basata su cavalletti e telai. Per le caratteristiche di locazione della stazione la procedura di cambio attrezzatura non è delle più semplici: infatti si deve spostare il banco attrezzi per rendere possibile l'avvicinamento e la rimozione delle maschere, portare in magazzino i cassoni contenenti i componenti non più necessari e portare a bordo macchina i cassoni con i nuovi componenti. Questo è reso particolarmente difficoltoso dal poco spazio antistante la macchina, dalla larghezza limitata dei corridoi e dall'elevato numero di cassoni da movimentare. Si rende perciò necessaria una riorganizzazione del lavoro in modo da minimizzare il tempo di fermo macchina mentre avviene il ricondizionamento della stazione di saldatura.



**Figura 3-16: stazione di saldatura robotizzata**

Si sono presi in considerazione tutti gli articoli del reparto di saldatura in lavorazione lo scorso anno ed ancora in produzione. Attraverso un'analisi ABC di Pareto del numero di componenti che formano ogni codice è emerso che i codici con una distinta base più complessa sono quasi tutti

cavalletti mentre la maggioranza dei codici prodotti ha una distinta base composta da meno di 6 elementi. Sull'asse delle ascisse sono ordinati in ordine crescente il numero di componenti che forma un codice, sull'asse delle ordinate sono riportati i codici. I dati si dispongono in modo tale da sottolineare la presenza di un elevato numero di codici formato da pochi componenti mentre i sono pochi i codici che hanno numerosi componenti. proprio questi ultimi (agglomerato C) sono quelli di maggiore interesse nell'analisi svolta in quanto rendono complesse, elaborate e lunghe le operazioni per il set up.



**Figura 3-17: analisi di Pareto del numero di componenti per codice**

Scremati i dati generali sopra riportati dai codici che vengono prodotti per il cliente technogym (che come si è visto nel paragrafo precedente sono trattati a sé) i codici di interesse con più di 6 componenti si riducono a:

# comp.	cod. ciclo lavorazione	Descrizione articolo	centro lavoro
7	A581785	CAVALLETTO CON P.I.	AR02
7	A581506	CAVALLETTO CON P.I. TYPHOON CAT 50	AR04
7	A581538	CAVALLETTO CON P.I.	AR04
7	A648654	CAVALLETTO CON P.I.	AR39
8	A582156	CAVALLETTO CON P.I.	AR39
14	A601601	CAVALLETTO P.I.	AR03
17	A8145001	REGGISSELLA	AR03

Per capire come sono composti i codici in lavorazione e oggetto di studio si riporta una tabella che mette in corrispondenza i codici padri con i rispettivi figli.

		581785	581506	581538	648654	582156	601601	8145001
599078	APPOGGIO						@	
A110055	APPOGGIO ANT. SELLINO							#
A110066	SUPPORTO SERRATURA							#
E110046D	TUBO INFERIORE DX							#
E110046S	TUBO INFERIORE SX							#
E110047D	TUBO SUPERIORE DX							#
E110047S	TUBO SUPERIORE SX							#
E110050	SUPPORTO APERTURA SELLA							#
E110051	ATTACCO COPRISERBATOIO							#
E110052	ATTACCO PEDANA PASSEGGERO							#
E110065	ATTACCO COPRIREGGISELLA							#
E2166	ATTACCO PEDANA PASSEGGERO							#
E269041	PIASTRINA	▲	●	♠	■	☀		
E271017	TUBO DEL CAVALLETTO TYPHOON		●					
E271130	SCARPETTA	▲	●	♠	■	☀		
E271133	SCARPETTA	▲	●	♠	■	☀		
E272854	PIASTRA	▲	●	♠		☀		
E464636	TUBO X CAVALLETTO				■			
E560708	TUBO CAVALLETTO					☀		
E562806	TUBO CAVALLETTO NRG			♠				
E562911	TUBO CAVALLETTO	▲						
E582664	STAFFA SX						@	
E582744	STAFFA DX ESTERNA						@	
E583149	STAFFA SX ESTERNA						@	
E583914	PERNO AGGANCIO MOLLE						@	
E583922	STAFFA DX						@	
E599073	TUBO CENTRALE BEVERLY 500						@	
E601602	ZAMPA CAV. CENTRALE BEVERLY 500						@	
S110048	ATTACCO ANT. CASSAFILTRO							#
S110053	ATTACCO POST. SERBATOIO OLIO							#
S110054D	APPOGGIO POST. SELLINO DX							#
S110054S	APPOGGIO POST. SELLINO SX							#
S110056	APPOGGIO POST. SELLINO							#
S110179	SUPPORTO SERBATOIO FRENO							#
S272858	APPOGGIO CAVALLETTO					☀		
S272859	APPOGGIO STAMPATO	▲	●	♠	■			
S464635	PIASTRA CAVALLETTO NCS				■			
S561571	SPEZZONE STAMPATO	▲	●	♠	■			
S582106	PIASTRINA					☀		
S582106	PIASTRINA						@	
S582156B	SPEZZONE					☀		
S583905	SCARPETTA STAMPATA						@	
S599113	PIASTRA PROTEZIONE STAMPATA						@	
S599121	PIASTRA STAMPATA						@	
S599161	SCONTRO TAMPONE STAMPATO						@	
S601104	RINFORZO STAMPATO						@	

Tabella 3-17: corrispondenza padri-figli

Da quanto emerge tra le correlazioni risulta che alcuni articoli hanno molti componenti in comune tra di loro mentre altri non ne hanno nemmeno uno. In particolare i due articoli più complessi, il cavalletto A601601 formato da 14 elementi e il reggisella A8145001 con 17 elementi, non hanno nessun elemento in comune ne con gli altri mentre i cavalletti A581785, A581506 e A581538 si differenziano solamente per un particolare avendone 6 in comune; il codice A648654 ne ha 5 in comune con i precedenti e due diversi; il A582156 ne ha 4 in comune con i precedenti e 4 differenti. Procediamo, analogamente a quanto fatto per la stazione di saldatura e taglio laser, per gradi ripercorrendo le 4 fasi necessarie allo sviluppo dei principi dello S.M.E.D..

### 3.3.1 Fase preliminare: Organizzare, osservare, registrare

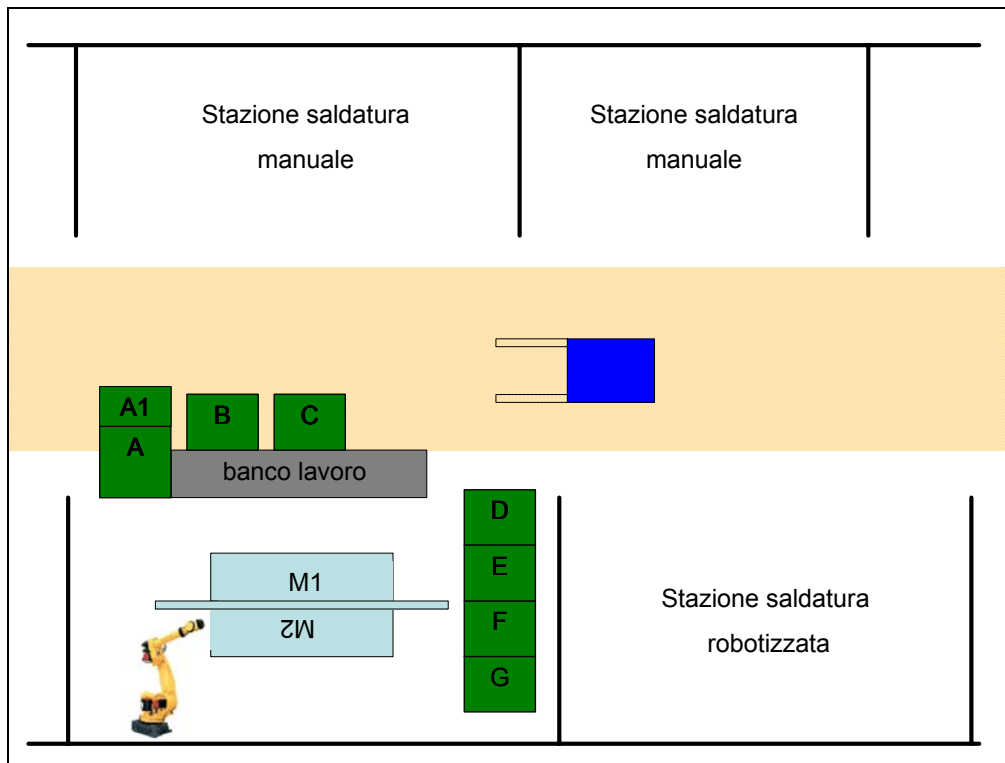
L'osservazione è la base della comprensione dei meccanismi con cui avvengono le operazioni nonché fonte di ispirazioni per successivi cambiamenti. Per questo motivo si è ripreso con una telecamera lo svolgimento delle fasi relative al cambiamento di produzione e attrezzatura nella stazione dedicata alla produzione degli elementi illustrati in precedenza. La misurazione si riferisce ad un completo ricondizionamento della postazione in cui vengono tolti i contenitori inutilizzati e portati a bordo macchina quelli necessari alla produzione successiva, si smontano le due tavole montate sul supporto a girello del robot e si installano quelle nuove.

Tutte le fasi sono state svolte da due operatori più il caporeparto, mentre i contenitori necessari alla nuova lavorazione erano già stati precedentemente avvicinati e temporaneamente impilati all'inizio del corridoio del reparto. I tempi rilevati sono presentati nella seguente tabella:

Tempo progr	# fase	Durata fase	%	descrizione
01.26	1	01.26	8,1	Allontanamento cassoni e tavolo da lavoro-smontaggio M1
03.40	2	02.14	12,6	Scarico M1 e avvicinamento M1* e M2*
04.40	3	01.00	5,7	Montaggio e serraggio M1*
05.20	4	00.40	3,8	Rotazione stazione robotizzata
06.30	5	01.10	6,6	Smontaggio M2
07.45	6	01.15	7,1	Deposito M2 e posizionamento M2*
08.45	7	01.00	5,7	Serraggio M2*
16.00	8	07.15	41,0	Arrivo e trasbordo materiale a bordo macchina
17.40	9	01.40	9,4	Sistemazione postazione e programmazione robot

**Tabella 3-18: rilevazione tempi cambio attrezzatura**

Dove con M1 e M2 si identificano le tavole di mascheraggio da sostituire mentre con M1\* e M2\* quelle da fissare. Si può notare che la fase che richiede il maggior tempo per essere svolta è la 8 che prevede la movimentazione con un carrello a forche complessivamente di 11 cassoni. La situazione prima dell'inizio del cambio di attrezzatura è schematizzata in Figura 3-18, a seguire si fornisce una descrizione più dettagliata delle operazioni che compongono le fasi.



**Figura 3-18: configurazione della stazione di saldatura prima dell'inizio del set up**

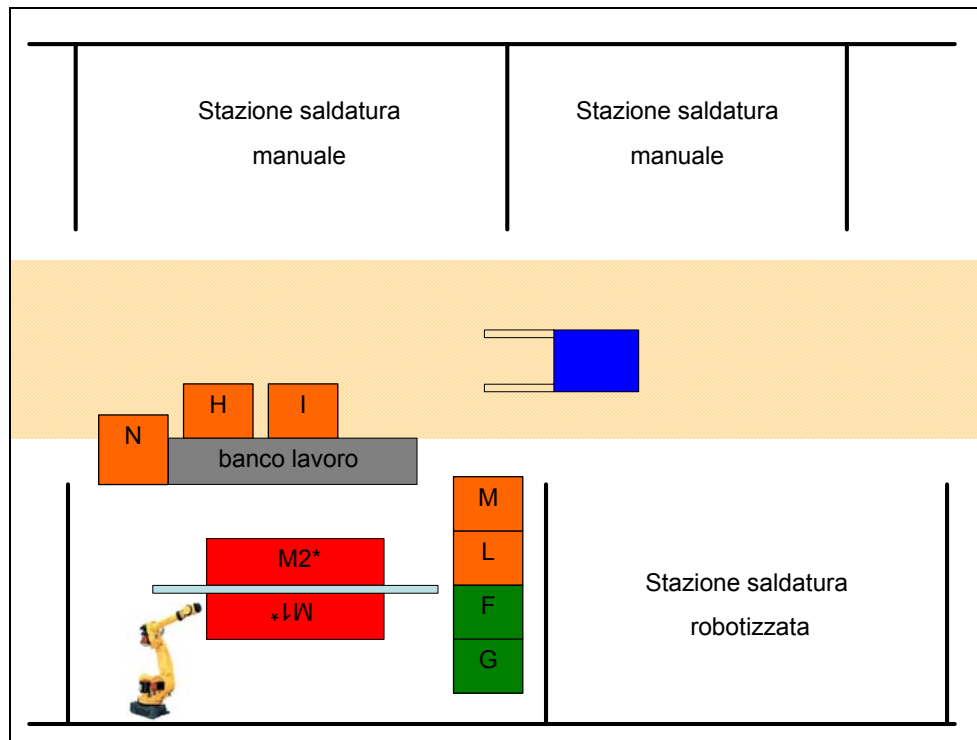
- Fase 1: vengono rimossi i contenitori posti dietro il banco da lavoro per permettere di spostarlo facendolo ruotare di 90°. In questo modo si consente l'accesso alla tavola di supporto della maschera. Vengono svitati i bulloni (4) che bloccano la tavola sui bracci della stazione.
- Fase 2: due operatori tolgono dai sostegni la tavola M1 e la scaricano su un pallet, nel frattempo il terzo operatore porta a bordo macchina le due tavole poste su un pallet.
- Fase 3: si preleva la nuova tavola M1\* e la si blocca sui supporti della macchina.
- Fase 4: sul pannello dei comandi a bordo macchina si impartisce la rotazione della stazione consentendo di poter operare sull'altro lato della stazione.
- Fase 5: viene smontata la seconda tavola.
- Fase 6: la tavola M2 viene riposta sul pallet insieme a M1 mentre si posiziona la nuova tavola M2\*.

- Fase 7: con l'ausilio di una chiave si stringono i dadi di fissaggio mentre il banco di lavoro viene riposizionato parallelamente alla stazione.
- Fase 8: si finiscono di portare via i contenitori che non servono più e si avvicinano quelli che dovranno essere utilizzati nella successiva operazione. Nel frattempo un operatore trasborda da ogni contenitore in una cassetta un certo numero di pezzi che deposita sul banco di lavoro in modo da averli più vicini nella lavorazione. La percentuale espressa in cifra si riferisce al tempo totale di set up mentre la barra colorata indica qualitativamente l'incidenza di ogni operazione all'interno della fase 8.(Tabella 3-19)
- fase 9: inizio delle procedure di set up del robot, richiamo del programma di saldatura.

<b>durata operazione</b>	<b>%</b>	<b>descrizione</b>
00.15	1,4	Arrivo e sistemazione cassone H
01.17	7,3	Arrivo e sistemazione cassone I
00.08	0,8	Prelevamento I e immagazzinamento
00.35	3,3	Prelevamento E e immagazzinamento
01.20	7,5	Arrivo e sistemazione cassone L
01.05	6,1	Arrivo e sistemazione cassone M
00.10	0,9	Presa cassone A e spostamento
00.25	2,4	Presa cassone A1 e spostamento
02.00	11,3	Arrivo cassone N

Tabella 3-19: descrizione operazioni costituenti la fase 8

Alla fine del set up la stazione si presenta nelle condizioni illustrate nella Figura 3-19.



**Figura 3-19: configurazione della stazione di saldatura a set up concluso**

### ***3.3.2 Fase 1: Operazioni interne ed esterne***

Il reparto di saldatura può contare sull'apporto di un capo reparto che provvede a supervisionare e organizzare la produzione tra le varie stazioni di saldatura automatizzate e non. Per questo motivo alcune delle fasi precedentemente descritte sono svolte in maniera esterna. I nuovi contenitori vengono prelevati ed avvicinati al reparto prima dell'inizio delle procedure di cambio attrezzatura, così come avviene con le tavole su cui sono fissate le maschere; le stesse modalità sono riservate anche a tutto il materiale che deve essere deposto sulle scaffalature o a magazzino dopo aver terminato le operazioni di set up. Potendo dedicare tre persone al ricondizionamento della stazione alcune operazioni vengono già svolte in parallelo consentendo un notevole risparmio di tempo. Ciononostante tutte le operazioni descritte nelle tabelle precedenti sono operazioni interne il che porta ad una durata del set up di quasi 18 minuti. Come emerge dall'analisi dei tempi effettuata la fase che maggiormente incide sul tempo totale è la fase di movimentazione dei contenitori (fase 8) che necessita di più di 7 minuti per essere completata nonostante il fatto che i contenitori siano già disponibili a pochi metri dalla macchina.

È necessario in questa prima applicazione del metodo operare sugli aspetti macroscopici al fine di eliminare o ridurre il più possibile le maggiori cause di inefficienza. Bisogna quindi cercare di esternalizzare questa fase svolgendola mentre la macchina continua a lavorare. La soluzione adottata in questo caso consiste nella preparazione di un kit di avvio di dimensioni adeguate in



modo da coprire la produzione nel tempo in cui un operatore provvede ad effettuare il cambio dei contenitori a bordo macchina.

### ***3.3.3 Fase 2: Conversione da attrezzamento interno ad attrezzamento esterno***

Analogamente a quanto descritto nella gestione del codice 1D002181AA prodotto per Technogym la soluzione individuata per far fronte ad un tempo eccessivo dovuto alla movimentazione dei materiali consiste nella creazione di un buffer che consenta la produzione mentre a bordo macchina si procede con la sostituzione dei contenitori in cui sono stivate le materie necessarie alla lavorazione.

In particolare il “kit di avvio” deve soddisfare alcune esigenze di fondamentale importanza tra cui:

- Coprire la produzione per un tempo sufficiente almeno al cambio dei cassoni e pallet calcolata nelle condizioni più sfavorevoli.
- Avere dimensioni ridotte ed essere facilmente movimentabile. Evidentemente se il kit occupasse più cassoni o pallet si perderebbero i vantaggi in termini di tempo risparmiato e si complicherebbero ulteriormente le operazioni di set up.
- Essere facilmente gestibile non solo come accennato riguardo all’ingombro ma anche riguardo agli aspetti gestionali e di integrazione con il software di gestione del magazzino.
- Deve essere sempre disponibile (o almeno il più possibile). Diminuire il tempo speso nel cambio di attrezzatura in una macchina non implica solamente un risparmio in termini di tempo e denaro ma significa muovere i primi passi verso una produzione flessibile, in grado di potersi svincolare dai concetti di grandi lotti in modo da affrontare con maggiore reattività le richieste ed esigenze del mercato.
- Essere semplice da usare ed accompagnato da istruzioni chiare e concise.

Il miglior modo per coniugare tutte queste esigenze è quello di formare un kit composto da tante vaschette quanti sono i componenti della distinta base del codice in esame riunite in un contenitore metallico o pallet. I componenti all’interno delle vaschette devono essere facilmente individuabili e riconoscibili. Per questo motivo è opportuno apporre un’etichetta su ogni vaschetta che contenga le informazioni su quale articolo deve contenere e in quale quantità, il disegno del pezzo, il codice padre e il kit di appartenenza. Inoltre sarebbe opportuno individuare ogni kit con un colore diverso delle vaschette in modo da ridurre al minimo possibili errori nel riposizionamento di queste sul pallet o contenitore di appartenenza. Anche il luogo dove vengono tenuti i kit dimostra rilevare una certa importanza in quanto se sono riposti sufficientemente vicino alla stazione di saldatura in modo

da essere prelevati senza fatica dall'operatore si elimina un viaggio del muletto che deve prioritariamente effettuare le movimentazioni per il cambio maschera e per il cambio del materiale.

### ***3.3.4 Fase 3,4: Semplificazione del set up e documentazione del processo***

Poiché il kit è gestito esclusivamente all'interno dell'azienda è necessario che ci sia un responsabile del suo mantenimento e della sua manutenzione. Poiché il kit contiene un numero limitato di pezzi e deve essere sempre disponibile non è indicato che un operatore lo costituisca prima dell'inizio delle operazioni di cambio produzione prelevando pochi pezzi dai cassoni presenti a magazzino. Dovrebbe infatti formare il kit mentre scarica i contenitori accatastati nei corridoi con la possibilità, non trascurabile, di commettere errori o di perdere tempo perché ad esempio non trova le vaschette in cui riporre i pezzi per il kit o semplicemente perché questo significa impiegare per un maggior tempo il muletto: soprattutto nei periodi di picco della produzione si rivela essere una risorsa critica. Al fine di eliminare questi problemi e di assicurare che il kit sia sempre completo e in ordine si affida la sua gestione direttamente agli operatori della stazione di saldatura che verranno preventivamente istruiti e avranno a disposizione una procedura chiara sul suo utilizzo e su come affrontare il set up.

Il kit viene utilizzato in parte o del tutto nelle fasi di inizio produzione quando il carrellista sta cambiando i contenitori a bordo macchina, una volta completata questa fase l'operatore inizia a prelevare i pezzi dai contenitori come ha sempre fatto e mentre il robot salda riformerà il kit inserendo nelle vaschette i pezzi mancanti fino ad arrivare al livello prestabilito. Sarà cura dell'operatore aggiornare la capacità residua dei contenitori conteggiando anche i pezzi inseriti nel kit.

La procedura è suddivisa in queste fasi:

Fase preparatoria: avvicinare alla stazione il pallet con le tavole da sostituire e il kit di avviamento, controllare che sia presente a bordo macchina la chiave idonea per il serraggio dei bulloni e che sia stato ripristinato il livello del kit di avvio

1. Spostare il banco di lavoro e i cassoni -se presenti- che ne ostacolano la rotazione per poter accedere alla stazione.
2. Rimuovere i bulloni di fissaggio della tavola sui bracci della stazione.
3. Depositare la tavola su un pallet.
4. Prelevare la nuova tavola e appoggiarla sui bracci della stazione.
5. Inserire i bulloni negli appositi fori e serrare.

6. Ruotare la stazione di 180°.
7. Ripetere le operazioni da 2 a 5.
8. Prelevare il precedente kit di avvio e disporre sul banco di lavoro le cassette con il nuovo kit di avviamento.
9. Effettuare il set up del robot e avviare la produzione.

Finora si è considerato il kit di avvio come un'unica entità senza considerare il fatto che alcuni codici sono comuni a più padri. Inoltre alcune tavole contengono due maschere per cui se si passa dalla produzione di un codice ad un altro che è presente sulla stessa maschera non è necessario effettuare il cambio maschera ma solamente il set up del robot e il cambio dei cassoni.

Le maschere relative al cavalletto A581506 e A581538 sono montate sulla stessa tavola così come le maschere A581785 e A582156.

Questo significa che i kit relativi a maschere fissate sulla stessa tavola possono essere accorpati in un unico pallet o contenitore dato che non potranno essere utilizzati su postazioni diverse. Considerando quindi le maschere fissate sulla stessa tavola e i componenti comuni ai cavalletti o telaietti in esame si ottiene la seguente divisione studiata in modo da minimizzare il numero di pallet sui che contengono le scatole formanti il kit.

Il primo kit è composto da 2 codici che hanno 4 particolari in comune tra di loro e altri 7 componenti per un totale di 11 componenti. In tabella si evidenzia l'appartenenza di un componente ad un codice padre o all'altro tramite un simbolo grafico mentre nella pratica è consigliabile l'utilizzo di un colore che identifichi tutti i componenti figli di uno stesso padre. Nel caso in cui un componente possa essere utilizzato da più padri questo riporterà tutti i colori identificativi dei diversi articoli padri.

<b>Kit 1 (A581785▲, A582156☀)</b>		
E269041	PIASTRINA	▲☀
E271130	SCARPETTA	▲☀
E271133	SCARPETTA	▲☀
E272854	PIASTRA	▲☀
E560708	TUBO CAVALLETTO	☀
E562911	TUBO CAVALLETTO	▲
S272858	APPOGGIO CAVALLETTO	☀
S272859	APPOGGIO STAMPATO	▲
S561571	SPEZZONE STAMPATO	▲
S582106	PIASTRINA	☀
S582156B	SPEZZONE	☀

Il secondo kit è formato da tre codici che hanno in comune 6 componenti oltre ad altri quattro componenti non comunitari per un totale di dieci. Le maschere dei due cavalletti A581506 e A581538 sono montati sulla stessa tavola quindi i componenti sono stati inseriti nello stesso kit.

<b>Kit 2 (A581506●, A581538♠, A648654■)</b>		
E269041	PIASTRINA	●♠■
E271017	TUBO DEL CAVALLETTO TYPHOON	●
E271130	SCARPETTA	●♠■
E271133	SCARPETTA	●♠■
E272854	PIASTRA	●♠
E464636	TUBO X CAVALLETTO	■
E562806	TUBO CAVALLETTO NRG	♠
S272859	APPOGGIO STAMPATO	●♠■
S464635	PIASTRA CAVALLETTO NCS	■
S561571	SPEZZONE STAMPATO	●♠■

Per quanto riguarda il terzo e quarto kit le dimensioni della distinta base e l'assenza di componenti in comune costringono a gestirli in maniera separata e individuale. Il kit 3 è quindi formato dai soli componenti del cavalletto A601601 che sono 14.

<b>Kit 3 (A601601)</b>	
599078	APPOGGIO
E582664	STAFFA SX
E582744	STAFFA DX ESTERNA
E583149	STAFFA SX ESTERNA
E583914	PERNO AGGANCIO MOLLE
E583922	STAFFA DX
E599073	TUBO CENTRALE BEVERLY 500
E601602	ZAMPA CAV.CENTRALE BEVERLY 500
S582106	PIASTRINA
S583905	SCARPETTA STAMPATA
S599113	PIASTRA PROTEZIONE STAMPATA
S599121	PIASTRA STAMPATA
S599161	SCONTRO TAMPONE STAMPATO
S601104	RINFORZO STAMPATO

Infine il kit 4 è composto esclusivamente dai 17 componenti della distinta base del telaietto A8145001.

<b>Kit 4 (A8145001)</b>	
A110055	APPOGGIO ANT.SELLINO
A110066	SUPPORTO SERRATURA
E110046D	TUBO INFERIORE DX
E110046S	TUBO INFERIORE SX
E110047D	TUBO SUPERIORE DX
E110047S	TUBO SUPERIORE SX
E110050	SUPPORTO APERTURA SELLA
E110051	ATTACCO COPRISERBATOIO
E110052	ATTACCO PEDANA PASSEGGERO
E110065	ATTACCO COPRIREGGISSELLA
E2166	ATTACCO PEDANA PASSEGGERO
S110048	ATTACCO ANT.CASSAFILTRO
S110053	ATTACCO POST.SERBATOIO OLIO
S110054D	APPOGGIO POST.SELLINO DX
S110054S	APPOGGIO POST.SELLINO SX
S110056	APPOGGIO POST.SELLINO
S110179	SUPPORTO SERBATOIO FRENO

Riassumendo i kit di avviamento sono così composti :

	<b>Codici</b>	<b># Scatole</b>
<b>Kit 1</b>	A581785, A582156	11
<b>Kit 2</b>	A581506, A581538, A648654	10
<b>Kit 3</b>	A601601	14
<b>Kit 4</b>	A8145001	17

Il numero di pezzi da inserire in ogni kit per ogni componente deriva dal tempo stimato necessario per svolgere la movimentazione di tutti i cassoni (tempo di copertura) e dal tempo ciclo necessario alla macchina per completare la saldatura di un pezzo.

Il tempo di copertura del kit è stato fissato in 20', tempo decisamente superiore a quello rilevato nell'analisi dei tempi ma necessario al fine di coprire eventuali ritardi e o problemi nella movimentazione dei materiali, fa eccezione il kit 4 per il quale a causa dell'elevato numero di componenti il tempo di copertura è stato fissato a 30 minuti.

La dimensione del kit è calcolata quindi come:

$$\text{Dimensione kit} = \max \left\lceil \frac{T_{cop}}{T_{c_i}} \right\rceil$$

Dove con  $T_{cop}$  si indicato il tempo di copertura e con  $T_{c_i}$  il tempo ciclo espresso in minuti dell' i-esimo codice componente del kit.

Il simbolo  $\lceil \rceil$  indica l'arrotondamento all'intero superiore del numero calcolato.

		<i>produzione oraria</i>	<i>tempo ciclo [mm:ss]</i>	<i>Dim. Kit i-esimo</i>	<i>Dim. kit</i>
<b>Kit 1</b>	A581785	30	02:00	10	<b>10</b>
	A582156	28	02:09	10	
<b>Kit 2</b>	A581506	34	01:46	12	<b>12</b>
	A581538	33	01:49	11	
	A648654	30	02:00	10	
<b>Kit 3</b>	A601601	10	06:00	4	<b>4</b>
<b>Kit 4</b>	A8145001	8	07:30	4	<b>4</b>

Tabella 3-20: dimensionamento dei kit

È necessario che i kit non vengano tenuti nell'area del magazzino esterna poiché i materiali potrebbero corrodarsi o danneggiarsi in un ambiente che anche se coperto è esposto in qualche modo agli agenti atmosferici.

### 3.3.5 Costi

Il costo dell'intera operazione è trascurabile in quanto i contenitori di plastica per riporvi i singoli componenti sono abbondantemente reperibili in azienda, l'unico onere da adempiere è quello della identificazione ed etichettatura dei contenitori con le informazioni sul contenuto e sul kit di appartenenza.

### 3.3.6 Risultati

Si illustrano le tabelle relative alla tempificazione delle operazioni di set up prima e dopo l'applicazione dei principi dello S.M.E.D. utilizzando il grafico di Gantt.

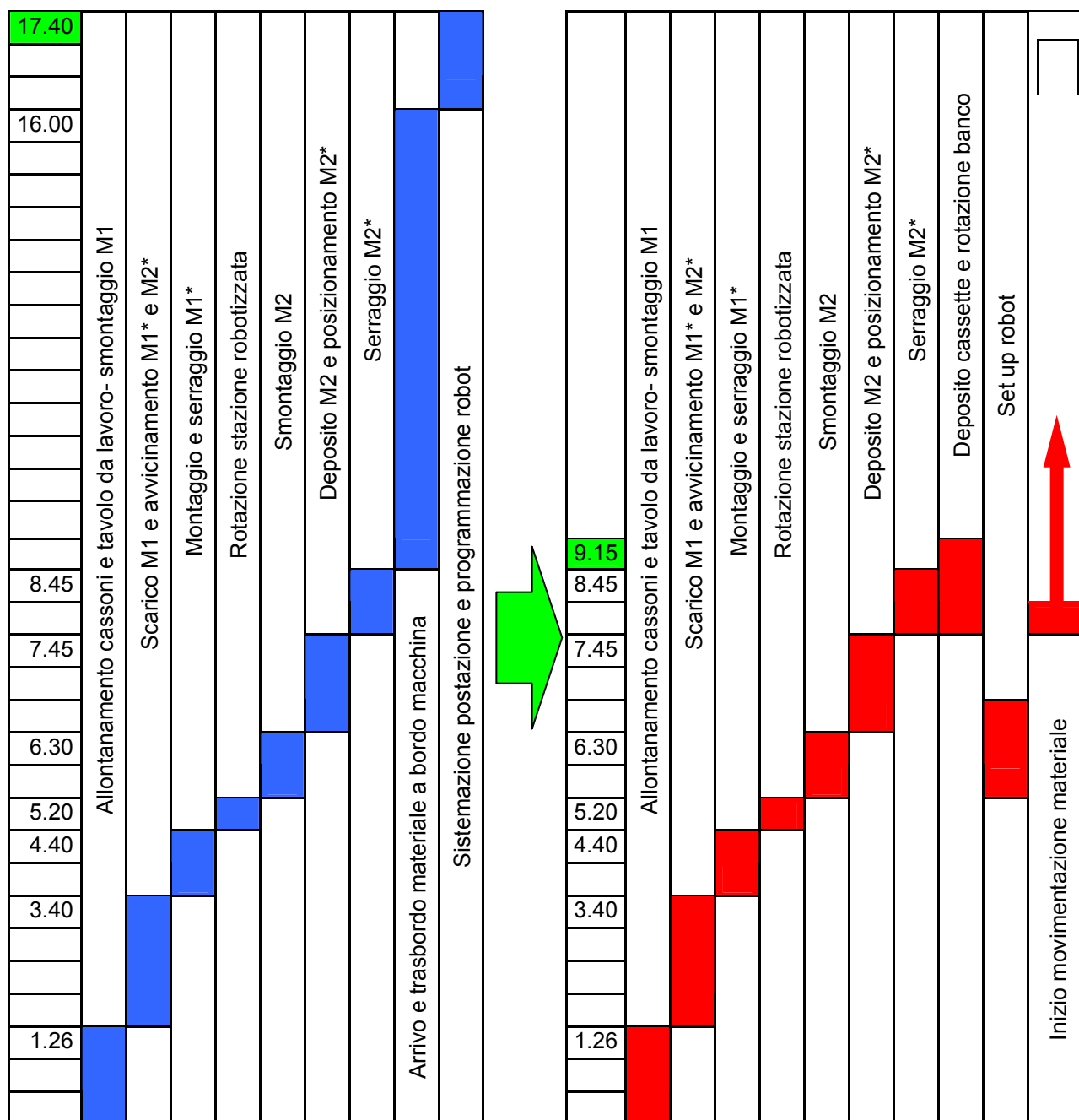


Figura 3-20: grafico di Gantt per il set up prima e dopo l'applicazione Smed

Come si nota dal grafico la nuova procedura consente di terminare il set up e di avviare la produzione dopo 9 minuti e 15 secondi contro i 17 e 40 impiegati precedentemente. Questo grazie al fatto di avere eliminato, grazie alle soluzioni adottate, il tempo di movimentazione dei contenitori e di aver ricollocato alcune operazioni che ora possono iniziare prima e in parallelo ad altre. Così mentre un operatore è impegnato nel serraggio dei bulloni dell'ultima tavola, il secondo posiziona sul banco di lavoro le cassette contenenti il kit di avviamento e il terzo inizia a portare via i contenitori superflui dalla zona di lavoro per sostituirli con quelli necessari alla nuova produzione.

Inoltre il terzo operatore si rende necessario solamente per la movimentazione dei contenitori mentre prima era impegnato per tutta la durata del set up.

Il risparmio in termini di tempo è di circa 8'30'' rispetto ai precedenti set up; considerando che dai dati storici di produzione risulta che i set up effettuati nel corso del 2007 sono stati 65 il tempo in più a disposizione della produzione sarebbe stato di 9h15' per un costo di circa 350 €.

### ***3.3.7 Ulteriori sviluppi***

Il risparmio conseguito sembra esiguo ma questo è dovuto al fatto che l'applicazione dei metodi S.M.E.D. è solo al suo primo stadio e che fino a prima dell'inizio di questo progetto si è cercato di ridurre al minimo i set up producendo grandi lotti proprio a causa della complessità delle operazioni necessarie al cambio di produzione. Potendo considerare il cambio di produzione non più come un evento negativo ma come una normale operazione è certo che la produzione si farà più flessibile orientandosi a produrre secondo l'ottica just in time riducendo le scorte di materie prime e di semilavorati a magazzino e riuscendo a soddisfare maggiormente le richieste dei clienti.

Analizzando la soluzione proposta è evidente che nella seconda applicazione del metodo si dovrà lavorare molto al fine di trovare un metodo più idoneo per il bloccaggio delle tavole sui bracci della macchina. Con l'attuale utilizzo dei bulloni si impiegano circa 4 minuti per avvitare e svitare i dadi di blocco delle tavole mentre utilizzando un metodo one-turn si potrebbero ridurre drasticamente. Dopo la seconda applicazione il tempo impiegato nell'attrezzamento della stazione potrà scendere sicuramente a circa 5 minuti.



## ***4 Conclusioni***

Come indicato nel capitolo introduttivo il lavoro svolto presso Donati Costruzioni Metalliche ha avuto come obiettivo quello ridurre i tempi di set up di alcune applicazioni pilota grazie all'applicazione dei principi su cui si basa la metodologia SMED e al coinvolgimento degli operatori all'interno del progetto.

L'analisi svolta sulla macchina di taglio laser ha evidenziato che la fase che maggiormente incideva sul tempo totale di set up era il riferimento della maschera di saldatura sul banco di lavoro poiché era necessario rilevare manualmente e impostare sulla macchina le coordinate relative a tre punti segnati sulla maschera. Inoltre si è evidenziata una netta dipendenza dei tempi di set up dall'operatore presente a bordo macchina. Al fine di eliminare questa operazione si è progettata una griglia metallica con una serie di fori da apporre sopra il piano di lavoro esistente. Ogni foro presente è individuato da una combinazione alfanumerica. In questo modo si può riferire e bloccare immediatamente la maschera sul piano facendo combaciare i fori praticati sulla maschera con quelli sulla griglia e inserendo nei fori una spina. Inoltre per ogni maschera è stata costituita una scheda riassuntiva con tutte le informazioni necessarie al corretto posizionamento in modo da capitalizzare l'esperienza degli operatori più anziani e renderla disponibile a tutti in modo da non disperdere il know how aziendale ma di renderlo disponibile anche agli operatori più giovani e inesperti. A questi interventi si è accompagnato una sostanziale riorganizzazione degli spazi sugli scaffali per il deposito delle maschere di saldatura raggruppando le maschere non più utilizzate e suddividendo gli spazi all'interno degli scaffali in base al cliente che è individuato da un colore identificativo. Sulla base dei tempi rilevati e con l'adozione delle soluzioni individuate, la riduzione del tempo di set up è del 60% a fronte di un investimento in attrezzatura che si riassorbe in meno di due settimane di produzione. Per questo motivo nonostante le soluzioni introdotte non siano ancora totalmente completate le possibilità di rispettare le previsioni fatte sui tempi sono ottime.

Per quanto riguarda la seconda applicazione sulla stazione di saldatura dedicata alle macchine da palestra Technogym il problema più grosso era relativo al tempo speso nella movimentazione delle maschere e dei cassoni contenenti il materiale. Questa operazione che era interna è stata trasformata in esterna mentre le restanti operazioni di set up sono state snellite grazie alla collaborazione di un secondo operatore che svolge alcune operazioni in parallelo. Inoltre le operazioni di movimentazione dei contenitori sono state drasticamente ridotte adottando un unico cassone contenente al suo interno tutti i componenti necessari alla creazione di un codice. I componenti vengono sistemati all'interno del kit da un operatore al ricevimento della merce in

magazzino e in parte dagli stessi fornitori che consegnano i componenti che formano uno stesso codice in un unico imballo. Per fare ciò è stato necessario intraprendere un cammino insieme ai fornitori interessati per la riclassificazione dei codici che devono essere raggruppati. Al momento la procedura è in corso, a regime consentirà di ridurre il numero di contenitori presenti in magazzino e porterà ad una riduzione del tempo di set up del 40% a fronte di nessun investimento aggiuntivo in quanto anche l'operatore che si affiancherà durante alcune operazioni del set up sarà reperito tra le risorse aziendali attualmente disponibili.

Infine il lavoro svolto nel reparto di saldatura relativamente al set up dei componenti con distinta base maggiore di 6 elementi ha portato all'ideazione e creazione di un kit di avviamento per ogni codice trattato che comprenda una quantitativo di pezzi sufficiente a coprire la produzione per il tempo necessario ad effettuare tutte le movimentazioni dei contenitori con il materiale a bordo macchina. Se è vero che, dato il numero limitato di set up che la macchina esegue, il vantaggio economico è minore rispetto agli altri due interventi esaminati, è anche vero che la soluzione adottata non costa nulla e permette di ridurre il tempo di set up del 48%. Permette inoltre di affrontare il cambio di attrezzatura sulla macchina non più come un evento negativo da parte degli operatori in quanto le procedure adottate consentono di ridurre i tempi e svolgere le operazioni in maniera meno frenetica.

Oltre agli obiettivi specifici ci si era posto anche quello più generale di far comprendere agli operatori il metodo utilizzato e coinvolgerli nell'applicazione e nella ricerca di soluzioni per la riduzione dei tempi di set up. Questo obiettivo si può considerare raggiunto in quanto gli operatori e i capi reparto sono stati coinvolti in tutte le fasi del progetto, dalla spiegazione delle fasi del metodo e dei possibili risultati, all'individuazione delle aree critiche fino allo studio e confronto sulle possibili soluzioni da realizzare.

## *Allegati*

- Procedura di formazione kit Technogym
- Disegni attrezzatura banco laser
  - Traversa corta banco laser
  - Traversa lunga banco laser

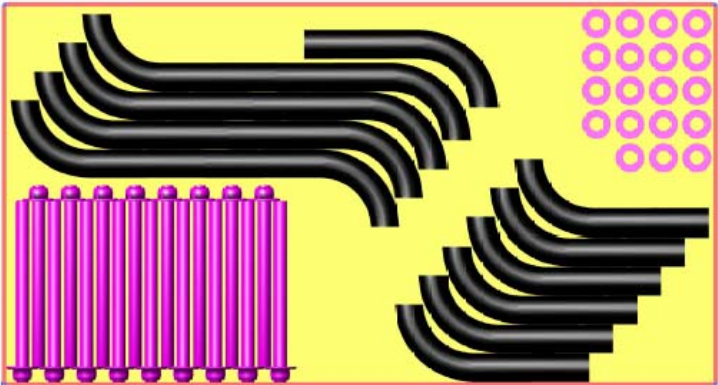
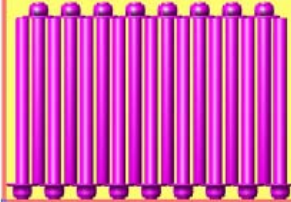
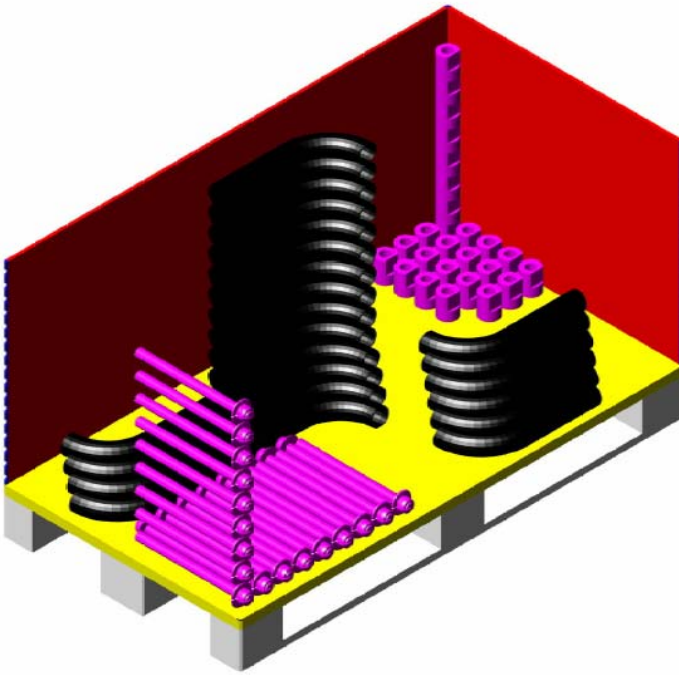
## AVVERTENZE FORMAZIONE KIT TECHNOGYM

- Ogni scheda contiene le informazioni necessarie alla formazione del kit.
- Rispettare la capacità massima e la disposizione dei componenti come indicato nella scheda
- Rispettare l'ordine di inserimento dei componenti
- Segnalare alla produzione eventuali dislivelli tra i componenti all'interno del kit
- Indossare sempre guanti protettivi nel maneggiare i componenti: potrebbero essere presenti schegge o residui di oli di lavorazioni precedenti
- Per maggiore chiarezza i componenti provenienti dallo stesso fornitore sono rappresentati con il medesimo colore.  
L'elenco delle corrispondenze è riportato in tabella

	MAZZIERI		RECA
	FILISIDER		CMP / INTERNO
	GIOLI		ILT

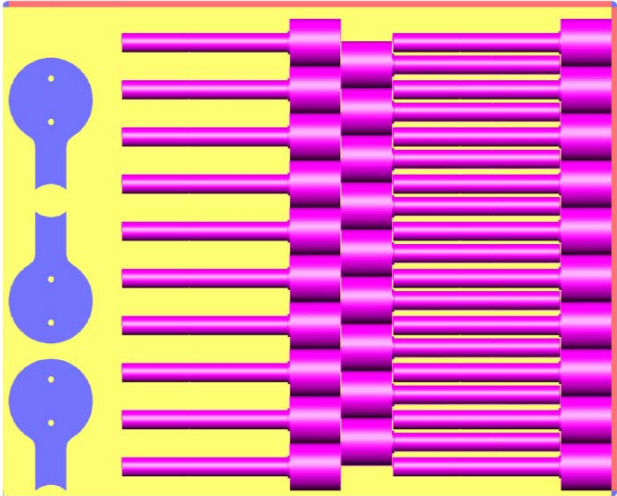
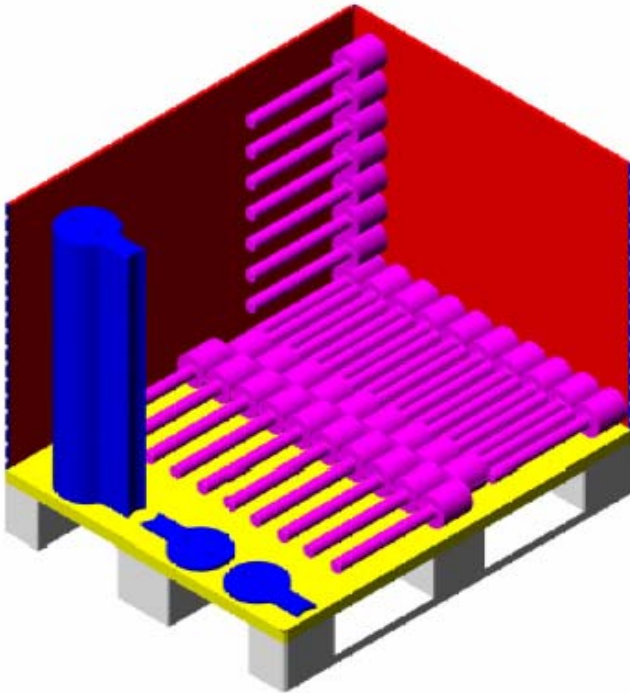




## Istruzioni formazione KIT

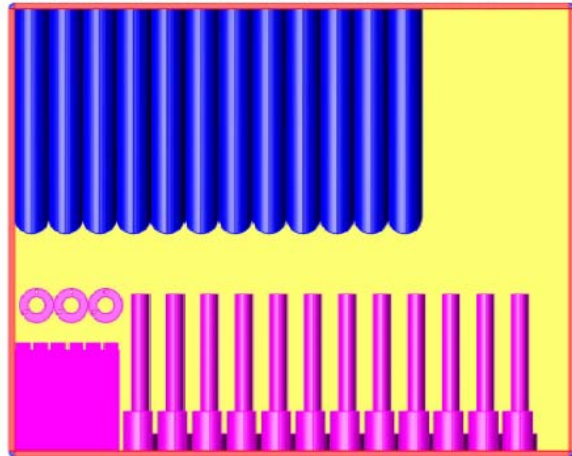
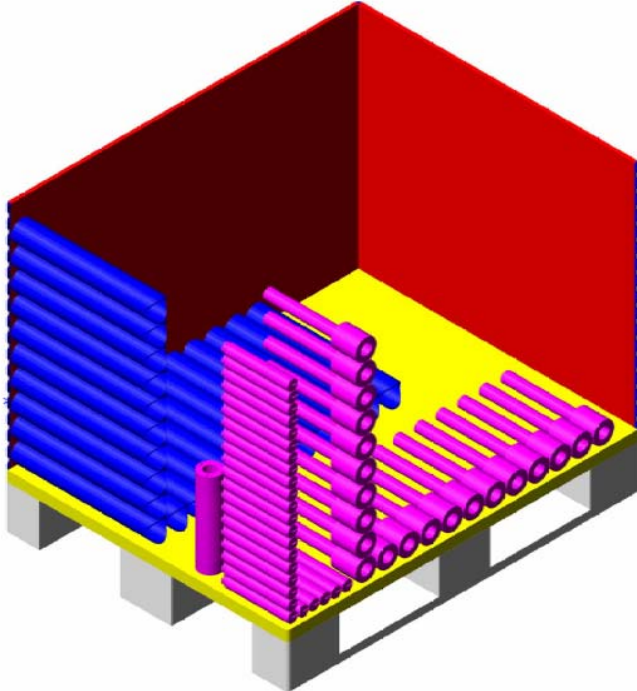
Codice kit	1D002155AD	Cassone utilizzato	451448 (Large)	Rev. 1.0    Gennaio 2008	
		Capacità massima	150 pezzi	Distinta base	
<div><div>15 file x 10 pz</div><div></div><div>19 file x 8 pz</div><div></div><div>17 file x 9 pz</div></div>				E001836 BOCCOLA PIANTATA 13355+13375	NUOVO COD 2679
				E0T012797AA MOZZO	
				E0T013354AB TUBO LEVA	
				Procedura: Aggiungere internamente il componente E0T013354A	





## Istruzioni formazione KIT

Codice kit	1D002222AA	Cassone utilizzato	451434 (Small)	Rev. 1.0 Gennaio 2008
	1D002287AA	Capacità massima	210 pezzi	Distinta base
<p>max 27 file x 8 pz</p>  <p>3 file x 70 pz</p>				<p>E001877</p> <p>BOCCOLA CON P.I.582</p> <p>+ 12806</p>
				<p>A2159 PIATTO</p> <p>TIMBRATO</p>
				<p>Procedura:</p> <p>Aggiungere internamente il componente A2159</p>
				

## Istruzioni formazione KIT

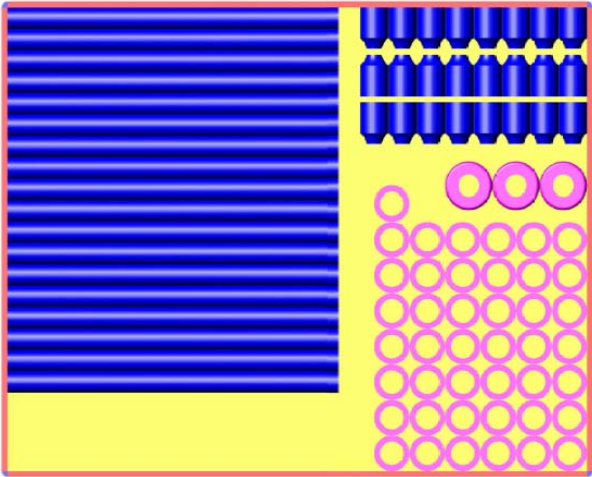
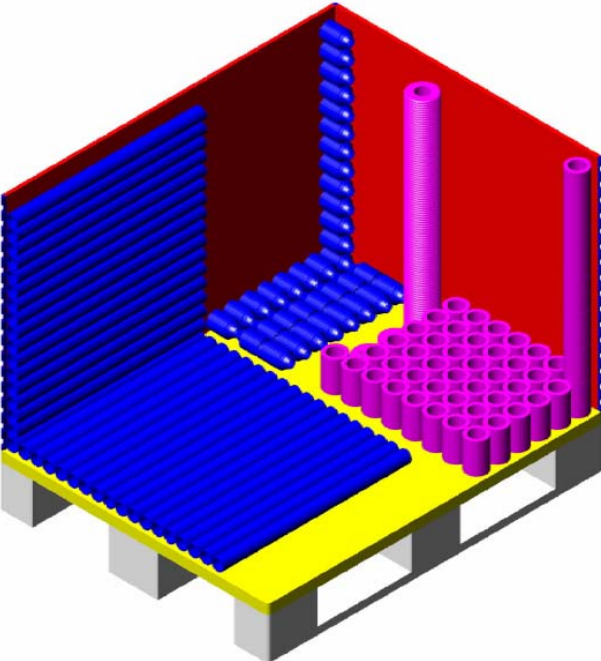
Codice kit	1D002227AD	Cassone utilizzato	451434 (Small)	Rev. 1.0    Gennaio 2008	
		Capacità massima	120 pezzi	Distinta base	
<div>tubo 12476 12 file da 10</div> <div></div> <div>3 pile da 40</div> <div>6 file da 20</div> <div>12 file da 10</div> <div>kit 2227 max 120 pz</div>		<div></div>		E001890 BOCCOLA PIANTATA	NUOVO COD 2680
				E0T013475AA BOCCOLA	
				E0T013484AA PIATTO	
				E0T013476AA TUBO LEVA LUNGO	
				Procedura: Aggiungere internamente il componente E0T013476AA.	

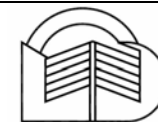






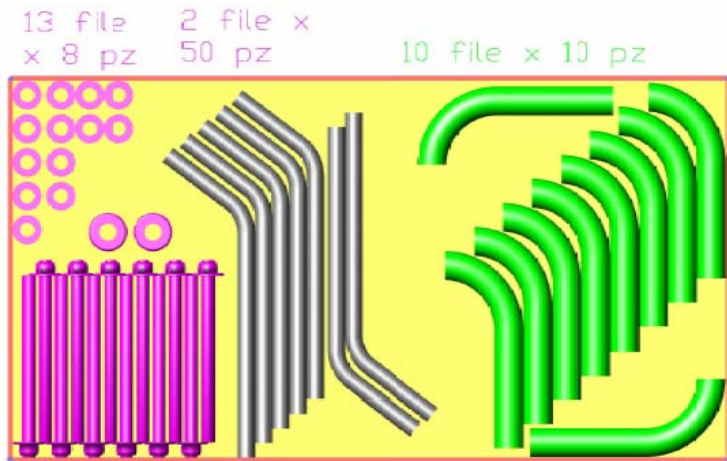
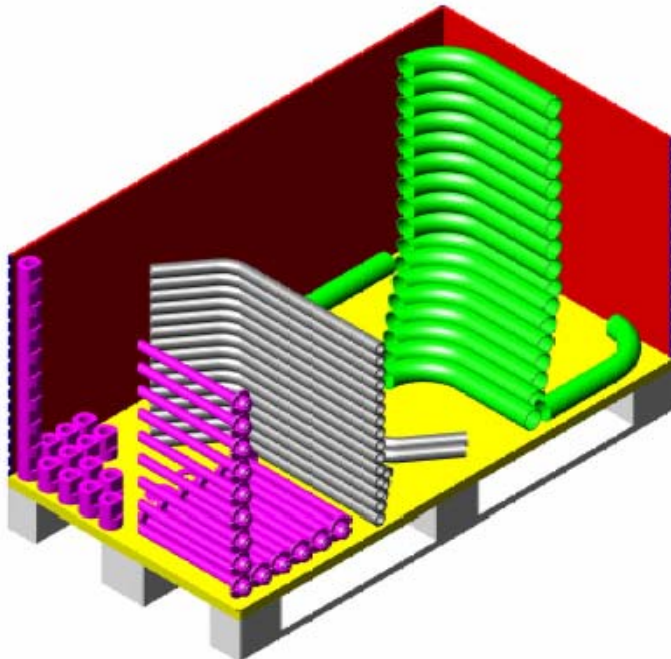
## Istruzioni formazione KIT

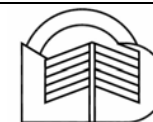
Codice kit	1D002230AA	Cassone utilizzato	451434 (Small)	Rev. 1.0    Gennaio 2008	
		Capacità massima	300 pezzi	Distinta base	
<div><div>24 file x 13 pz</div><div></div><div>18 file x 17 pz      42 file x 7</div></div>		<div></div>		E0T013470AA TUBOLARE	NUOVO COD2681
				E0T013471AA TUBOLARE	
				E0T013472AA BOCCOLA	NUOVO COD2682
				E0T013580AA DISCO BATTUTA	
				Procedura: Aggiungere internamente il codice 2682	



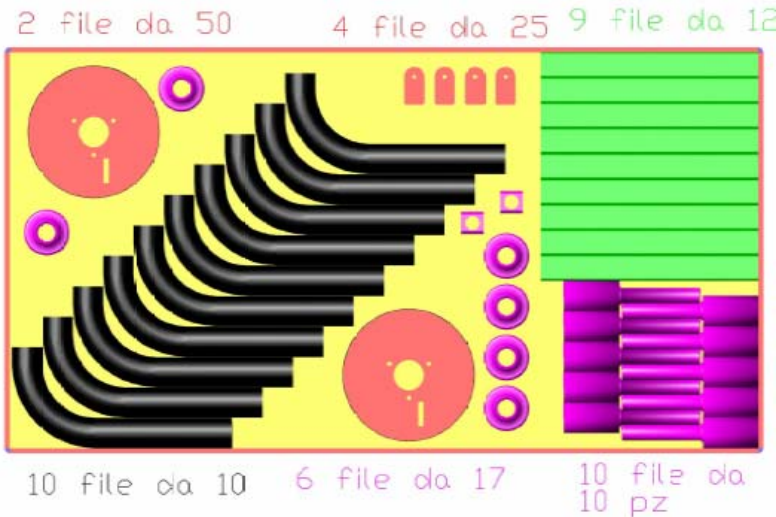
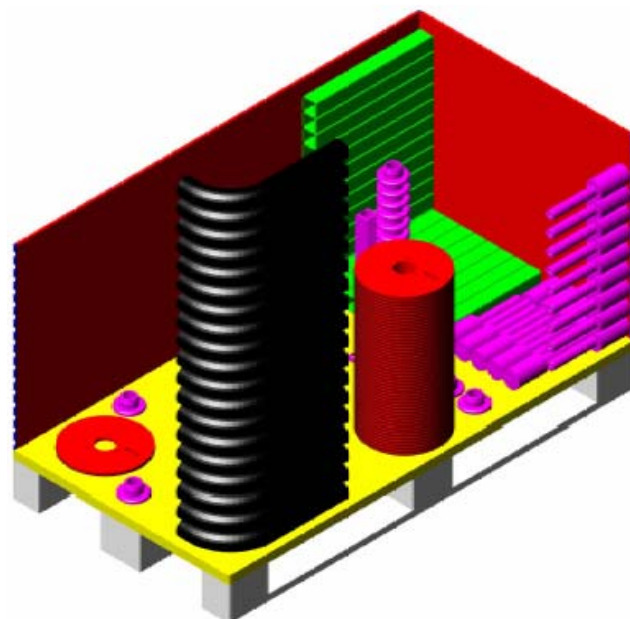


## Istruzioni formazione KIT

Codice kit	1D002246AE	Cassone utilizzato	451448 (Large)	Rev. 1.0    Gennaio 2008	
		Capacità massima	100 pezzi	Distinta base	
				E001836 BOCCOLA PIANTATA	NUOVO COD 2683
				E0T012797AA MOZZO	
				E0T013580AA DISCO LEVA	
				E0T013579AC TUBO	
				L0T015603AC TUBO LEVA	Procedura: Aggiungere internamente il componente E0T013579AC e <u>dopo essere stato lavorato al laser</u> il L0T015603AC.

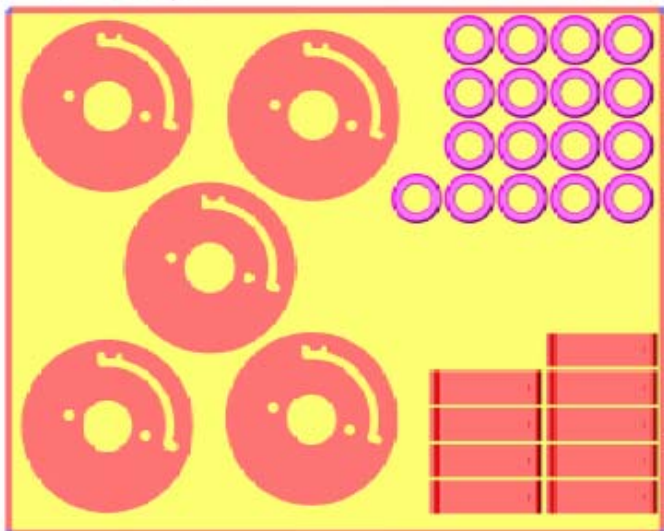
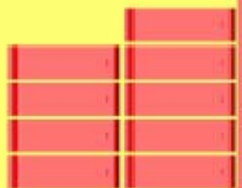
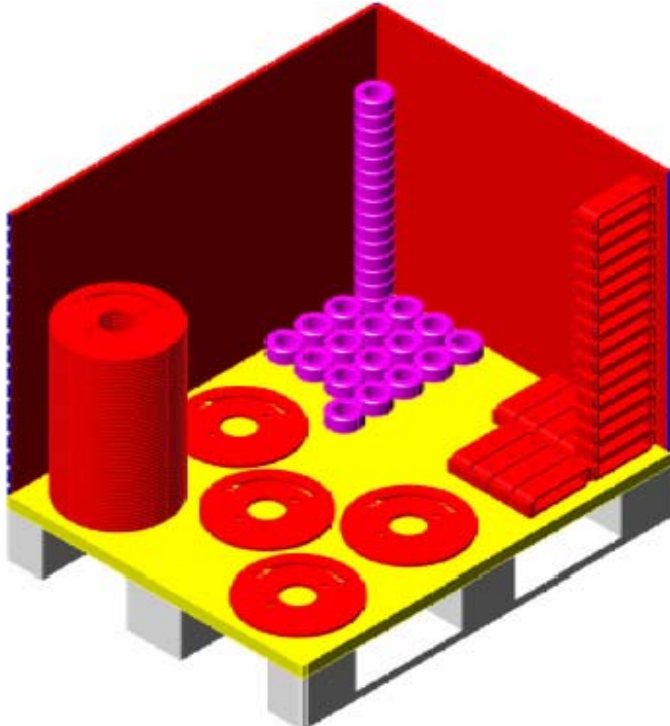
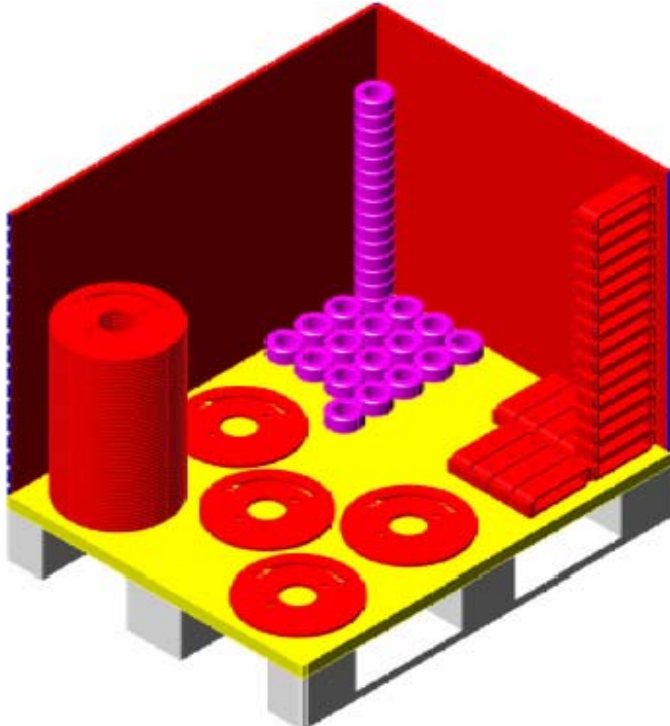


## Istruzioni formazione KIT

Codice kit	1D002256AC	Cassone utilizzato	451434 (Large)	Rev. 1.0    Gennaio 2008	
		Capacità massima	100 pezzi	Distinta base	
 <p>2 file da 50    4 file da 25    9 file da 12</p> <p>10 file da 10    6 file da 17    10 file da 10 pz</p>				E001981 BOCCOLA PIANT.	COD 2685
				E0T014128AA PIATTO	
				E0T015207AA DISCO BATTUTA	
				A2125 PIATTO TIMBRATO	COD2684
				E0T013609AA PIATTO	
				0T013558AA TUBO	
				E0T013618AA TUBO LEVA LUNGO	
				Procedura: Aggiungere internamente nell'ordine i codici 2684, 13558 e 2685	

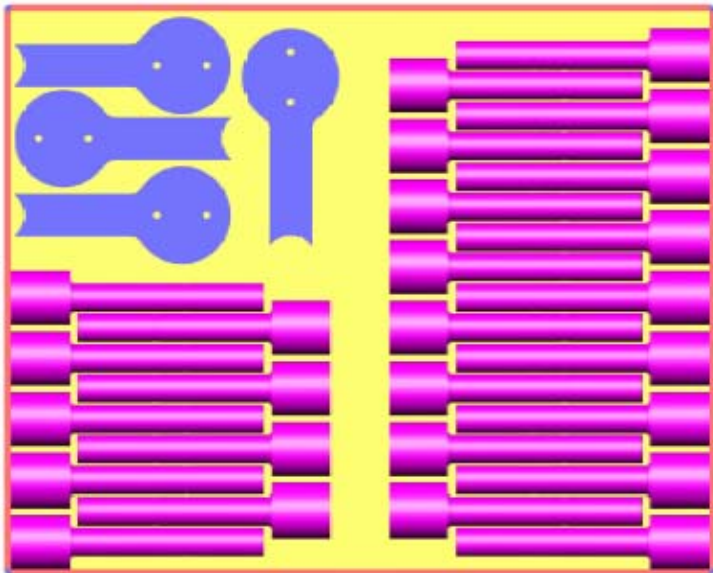
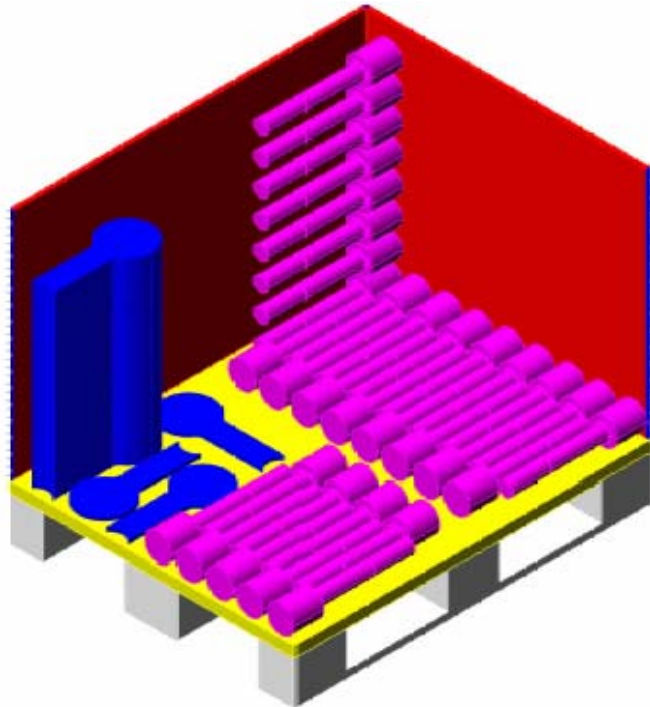


## Istruzioni formazione KIT

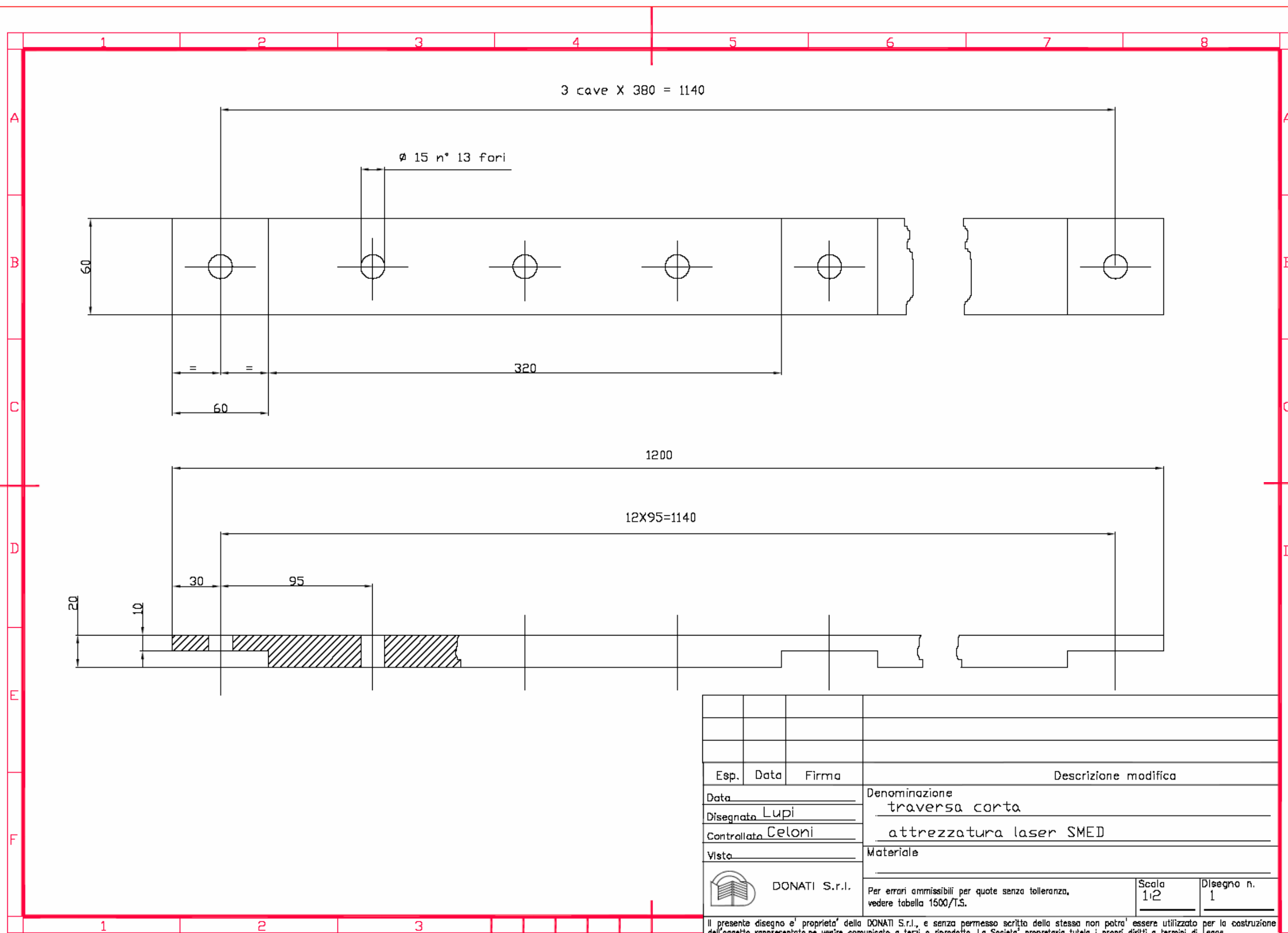
Codice kit	1D002313AA	Cassone utilizzato	451434 (Small)	Rev. 1.0    Gennaio 2008	
		Capacità massima	250 pezzi	Distinta base	
<div><div>5 file x 50 pz</div><div></div><div>17 file x 15 pz</div><div></div><div>9 file x 30 pz</div></div> <td colspan="2" rowspan="5"></td> <td>E0T013860AA DISCO</td> <td rowspan="2">COD 2686</td>				E0T013860AA DISCO	COD 2686
				E0T013940AA ATTACCO X CAMMA	
				E0T013948AA BOCCOLA	
				Procedura:	
				Aggiungere internamente il componente E0T013948AA.	



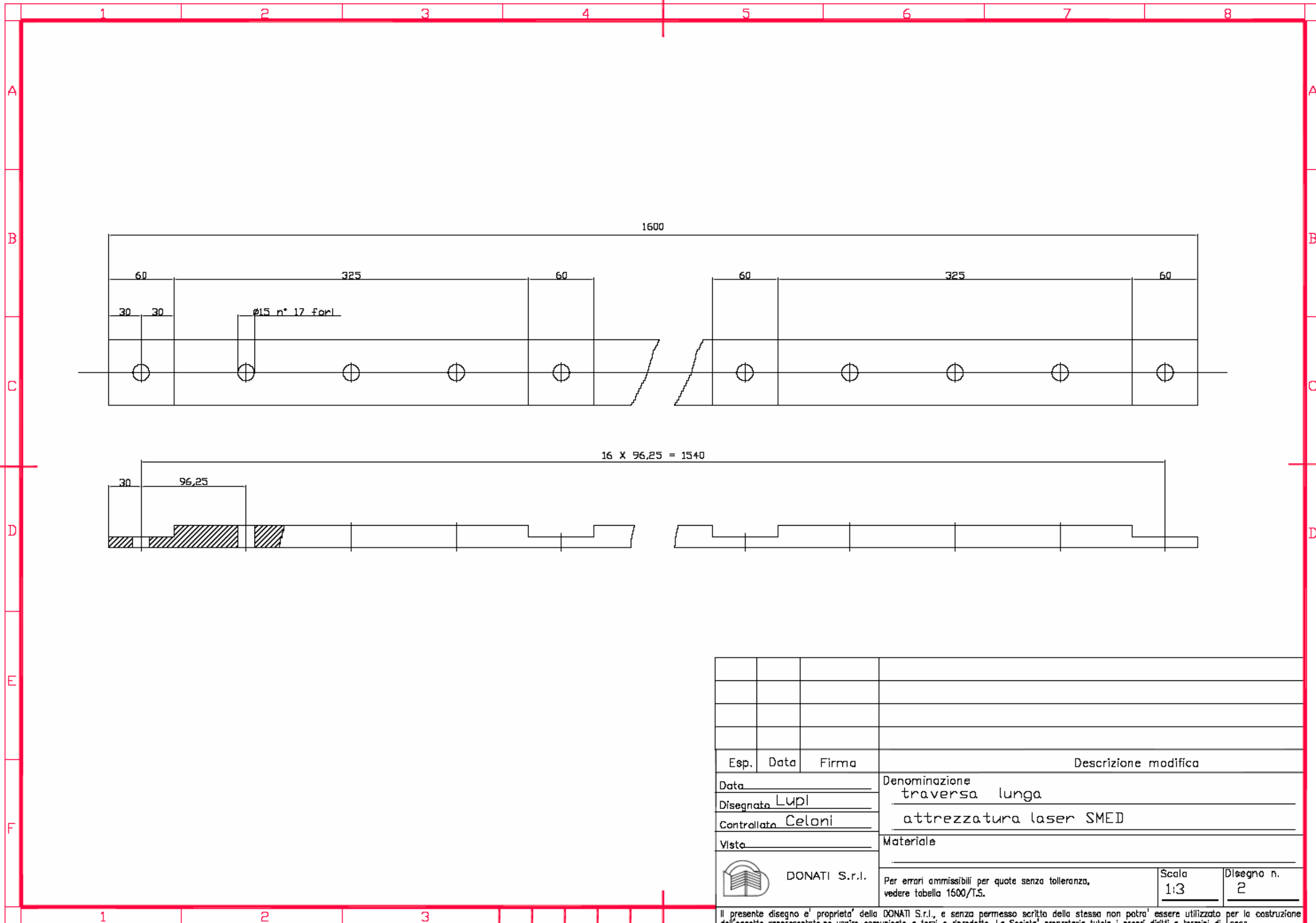
## Istruzioni formazione KIT


Codice kit	1D002314AA	Cassone utilizzato	451434 (Small)	Rev. 1.0    Gennaio 2008
		Capacità massima	200 pezzi	Distinta base
<div>4 file x 50 pz</div>  <div>26 file x 8 pz</div>				A2126
				LAMIERA TIMBRATA
				E001885
				BOCCOLA PIANTATA
		Procedura: Aggiungere internamente il componente A2126		





Esp.	Data	Firma	Descrizione modifica
Data			Denominazione
Disegnato	Lupi		traversa corta
Controllato	Celoni		attrezzatura laser SMED
Visto			Materiale
 DONATI S.r.l.			Per errori ammissibili per quote senza tolleranza, vedere tabella 1500/T.5.
			Scala
			1:2
			Disegno n.
			1
Il presente disegno e' proprieta' della DONATI S.r.l., e senza permesso scritto della stessa non potra' essere utilizzato per la costruzione dell'oggetto rappresentato, ne venire comunicato a terzi o riprodotto. La Societa' proprietaria tutela i propri diritti a termini di Legge.			



Esp.	Data	Firma	Descrizione modifica
Data	Denominazione		
Disegnato Lupi	traversa lunga		
Controllato Celoni	attrezzatura laser SMED		
Vista	Materiale		
 DONATI S.r.l.	Per errori ammissibili per quote senza tolleranza, vedere tabella 1500/T.5.		Scala 1:3
			Disegno n. 2

Il presente disegno e' proprieta' della DONATI S.r.l., e senza permesso scritto della stessa non potra' essere utilizzato per la costruzione dell'oggetto rappresentato, ne venire comunicato a terzi o riprodotto. La Societa' proprietaria tutela i propri diritti a termini di Legge.

## ***Bibliografia***

[1] Shingo Shigeo (1991), *Il sistema produttivo giapponese 'Toyota' dal punto di vista dell'industrial engineering*, traduzione di Varvelli Riccardo, Milano, Franco Angeli [titolo originale: Study of Toyota production system from industrial engineering viewpoint] ISBN: ISBN 88-204-2343

[2] Shingo Shigeo (1985), *Revolution in manufacturing : single-minute exchange of die system*, Oregon, Productivity press, ISBN 9780915299034

[3] Braglia Marcello, *SMED: come cambiare un'attrezzatura in un minuto*, dispense ù

[4] Vorne industries, *fast guide to OEE*, [www.vorne.com](http://www.vorne.com)

## ***Siti visitati***

[www.donatisrl.it](http://www.donatisrl.it)

[www.speedyblock.it](http://www.speedyblock.it)

[www.rcmitaliana.com](http://www.rcmitaliana.com)

[www.carrlane.com](http://www.carrlane.com)

[www.fanucrobotics.it](http://www.fanucrobotics.it)



## ***Ringraziamenti***

Questa tesi è frutto di un tirocinio svolto in azienda grazie al quale ho potuto addentrarmi per alcuni mesi in un contesto lavorativo competente e professionale come quello della Donati S.r.l. dove si respira un'atmosfera serena e familiare. Desidero ringraziare colui che più di tutti mi ha affiancato nel lavoro quotidiano in azienda, Marco Bracci: spero vivamente che quello che abbiamo studiato possa essere il germe di una crescita e un miglioramento continuo. Un particolare ringraziamento va al Prof. Ing. Marcello Braglia, fondamentale punto di riferimento per il completamento di questo lavoro.

Il più grande grazie lo devo dire ai miei genitori, fonte inesauribile di consigli e mai di imposizioni, che mi hanno sostenuto in questi anni non facendomi mancare nulla, consentendomi di concentrarmi sugli studi avendo anche il tempo per poter coltivare interessi e passioni. Grazie anche ai miei fratelli Phil che ho un po' abbandonato a Sante ma mai dimenticato e Usa che dovrà passare ancora qualche annetto nella benaugurante via Diotisalvi e che mi ha fatto conoscere Cami, sorpresa piacevole e inaspettata di quest'ultimo anno.

Un particolare ringraziamento lo devo al Simo, Medico e Fabio, miei passati coinquilini della cantina di via Ricucchi: insieme abbiamo affrontato i primi anni di università tra turni di pulizie, tornei di playstation e cene in cortile. Un grazie anche a quelli attuali ma soprattutto al Frankie con cui ho condiviso la stanza e che mi ha sopportato tutte le volte che rientravo la sera e puntualmente lo svegliavo: forse e dico forse ti sei meritato di avere in eredità la mitica cabina del telefono(!).

Un grazie particolare va agli spesei (Gianqa e Riki) con i quali ho preparato un mucchio di esami e non solo; a tutti gli altri compagni di corso che hanno reso più piacevoli questi anni e a 'Speranza' che ci ha accompagnato negli ultimi esami.

Un ringraziamento agli amici di sempre, quelli delle dieciemezzoalcentro, amici che negli anni hanno dimostrato di esserci sempre e su cui si può sempre contare.

Infine come non menzionare e ringraziare i tanti amici delle cene a casa di Carla (e la sua splendida cucina), i compagni e gli incontri dei giovedì sera al Carmilla (nonché i creatori della lista Pietro Piano!) e tutte le persone conosciute in questi anni di università che li hanno resi indimenticabili.